Carbure de tungstène cémenté

Exploration complète des propriétés physiques et chimiques, des processus et des applications (X)

中钨智造科技有限公司

GROUPE CTIA LTD

GROUPE CTIA LTD

Leader mondial de la fabrication intelligente pour les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

PRÉSENTATION DU GROUPE CTIA

CTIA GROUP LTD, filiale à 100 % dotée d'une personnalité juridique indépendante et créée par CHINATUNGSTEN ONLINE, se consacre à la promotion de la conception et de la fabrication intelligentes, intégrées et flexibles de matériaux en tungstène et en molybdène à l'ère de l'Internet industriel. Fondée en 1997 avec www.chinatungsten.com comme point de départ – le premier site web chinois de produits en tungstène de premier plan –, CHINATUNGSTEN ONLINE est une entreprise pionnière du e-commerce en Chine, spécialisée dans les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares. Fort de près de trois décennies d'expérience approfondie dans les domaines du tungstène et du molybdène, CTIA GROUP hérite des capacités exceptionnelles de conception et de fabrication de sa société mère, de ses services de qualité supérieure et de sa réputation commerciale mondiale, devenant ainsi un fournisseur de solutions d'application complètes dans les domaines des produits chimiques à base de tungstène, des métaux tungstène, des carbures cémentés, des alliages haute densité, du molybdène et de ses alliages.

Au cours des 30 dernières années, CHINATUNGSTEN ONLINE a créé plus de 200 sites web professionnels multilingues sur le tungstène et le molybdène, couvrant plus de 20 langues, avec plus d'un million de pages d'actualités, de prix et d'analyses de marché liées au tungstène, au molybdène et aux terres rares. Depuis 2013, son compte officiel WeChat « CHINATUNGSTEN ONLINE » a publié plus de 40 000 informations, alimentant près de 100 000 abonnés et fournissant quotidiennement des informations gratuites à des centaines de milliers de professionnels du secteur dans le monde entier. Avec des milliards de visites cumulées sur son site web et son compte officiel, CHINATUNGSTEN ONLINE est devenu une plateforme d'information mondiale reconnue et faisant autorité pour les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares, fournissant 24 h/24 et 7 j/7 des informations multilingues, des informations sur les performances des produits, les prix et les tendances du marché.

S'appuyant sur la technologie et l'expérience de CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP s'attache à répondre aux besoins personnalisés de ses clients. Grâce à l'IA, CTIA GROUP conçoit et fabrique en collaboration avec ses clients des produits en tungstène et en molybdène présentant des compositions chimiques et des propriétés physiques spécifiques (telles que la granulométrie, la densité, la dureté, la résistance, les dimensions et les tolérances). L'entreprise propose des services intégrés complets, allant de l'ouverture du moule à la production d'essai, en passant par la finition, l'emballage et la logistique. Au cours des 30 dernières années, CHINATUNGSTEN ONLINE a fourni des services de R&D, de conception et de production pour plus de 500 000 types de produits en tungstène et en molybdène à plus de 130 000 clients dans le monde, posant ainsi les bases d'une fabrication personnalisée, flexible et intelligente. Fort de ce socle, CTIA GROUP approfondit la fabrication intelligente et l'innovation intégrée des matériaux en tungstène et en molybdène à l'ère de l'Internet industriel.

Forts de plus de 30 ans d'expérience dans le secteur, le Dr Hanns et son équipe du CTIA GROUP ont également rédigé et publié des analyses de connaissances, de technologies, de prix et de tendances du marché du tungstène, du molybdène et des terres rares, qu'ils partagent librement avec l'industrie du tungstène. Fort de plus de 30 ans d'expérience depuis les années 1990 dans le commerce électronique et le commerce international de produits en tungstène et en molybdène, ainsi que dans la conception et la fabrication de carbures cémentés et d'alliages haute densité, le Dr Han est un expert reconnu des produits en tungstène et en molybdène, tant au niveau national qu'international. Fidèle à sa volonté de fournir des informations professionnelles et de qualité à l'industrie, l'équipe du CTIA GROUP rédige régulièrement des articles de recherche technique, des articles et des rapports sectoriels basés sur les pratiques de production et les besoins des clients, ce qui lui vaut une large reconnaissance au sein du secteur. Ces réalisations apportent un soutien solide à l'innovation technologique, à la promotion des produits et aux échanges industriels du CTIA GROUP, le propulsant pour devenir un leader mondial dans la fabrication de produits en tungstène et en molybdène et dans les services d'information.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Partie 4 : Classification et domaines d'application du carbure cémenté

Chapitre 10 : Classification du carbure cémenté

En tant que matériau hautes performances, la classification du carbure cémenté (WCCo , etc.) détermine directement l'adéquation précise des matériaux, des procédés de fabrication et des applications. La classification repose non seulement sur la composition (WC 70 %-95 % ± 1 %, Co 5 %-30 % ± 1 %) et la microstructure (granulométrie 0,5-10 μm ± 0,01 μm), mais également sur les performances (dureté HV 800-2000 ± 30, résistance à l'usure < 0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$) et la fonction (résistance à la corrosion, perte de poids < 0,1 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2, conductivité ~ 10 MS/m ± 0,1 MS/m). Un système de classification raisonnable fournit une base théorique et des conseils pratiques pour les applications dans l'aérospatiale (durée de vie de l'outil > 5 000 heures ± 500 heures), l'exploitation minière (résistance aux chocs des forets > 10^6 fois ± 10^5 fois) et la fabrication électronique (précision du moule < 1 μm ± 0,1 μm).

D'un point de vue théorique, la classification du carbure cémenté résulte de la combinaison des applications de la science des matériaux et de l'ingénierie. Son objectif principal réside dans l'optimisation des performances grâce à l'optimisation de la composition et de la structure. Le WC offre une dureté et une résistance à l'usure élevées en tant que phase dure, tandis que le Co améliore la ténacité en tant que phase de liaison. L'ajustement du rapport entre les deux affecte directement les propriétés mécaniques et la stabilité thermique du matériau. De plus, la granulométrie de la microstructure est inversement proportionnelle à la dureté via la relation Hall-Petch. Le carbure cémenté à grains fins (< 2 μm) est performant en usinage de haute précision, tandis que les grains grossiers (> 5 μm) sont plus adaptés aux scénarios de résistance aux chocs. Les paramètres de performance tels que la résistance à l'usure et à la corrosion reflètent la fiabilité à long terme du matériau dans des environnements complexes, et la conductivité électrique offre des possibilités pour les procédés d'usinage électrique. De plus, l'ingénierie des joints de grains (comme le dopage aux terres rares Ce ou Y) peut optimiser la force de liaison entre les grains et améliorer la résistance à la fatigue du matériau. Cette théorie offre une nouvelle direction pour la conception de nouveaux carbures cémentés.

La méthode de classification a évolué d'un résumé empirique à un système scientifique. La classification initiale reposait principalement sur le rapport des composants (tel que le rapport WC/Co du WCCo), tandis que les méthodes modernes combinent les techniques de DRX (diffraction des rayons X) et de MEB (microscopie électronique à balayage) pour caractériser avec précision la composition des phases et la distribution des grains. Les normes internationales (telles que l'ISO 513) normalisent davantage la classification et répartissent les nuances de carbure cémenté selon les domaines d'application et les indicateurs de performance. En théorie, l'analyse multidimensionnelle (telle que la comparaison entre WCCo et WCTiCNi) révèle l'effet de l'ajout de TiCN sur la dureté (> HV 1600±30) et la résistance aux hautes températures, tandis que l'introduction de fonctions autolubrifiantes (telles que le dopage au MoS_2) élargit les perspectives d'applications spéciales. De plus, les calculs thermodynamiques (tels que l'analyse de l'énergie libre

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de Gibbs) soutiennent l'optimisation du diagramme de phase et guident la conception de carbures cémentés multiphasés (tels que WCCoTiCN), reflétant l'intégration de la classification et de l'ingénierie du génome des matériaux.

Du point de vue applicatif, la nature scientifique de la classification influence directement le choix des matériaux. Par exemple, les exigences de durée de vie des outils dans le secteur aérospatial ont conduit au développement de carbures cémentés à grains ultrafins (< 1 μm), dont la dureté élevée (> HV 1800) découle de la théorie du renforcement par affinement du grain. Le secteur minier requiert des carbures cémentés résistants aux chocs, et la structure à gros grains améliore la ténacité à la rupture (> 15 MPa·m). ½) en réduisant la densité de dislocations. En fabrication électronique, la précision du moule dépend du contrôle du grain à l'échelle nanométrique et, combinée à une technologie de modification de surface (comme le revêtement PVD), la résistance à l'usure et la stabilité dimensionnelle sont encore améliorées. Le support théorique de ces exigences d'application provient de la cartographie systématique des performances, de la structure et du processus du système de classification.

Ce chapitre commence par l'importance et les méthodes de classification du carbure cémenté, puis explore en profondeur les fondements scientifiques, l'évolution des méthodes et les normes internationales de classification. Grâce à une analyse multidimensionnelle de la composition (WCCo , WCTiCNi), des performances (dureté, résistance à l'usure, résistance à la corrosion) et de la fonction (conductivité, autolubrification), la construction et l'application du système de classification sont expliquées de manière systématique. Ce chapitre fait suite au chapitre 9 (WCTiCNi multifonctionnel, dureté > HV 1600±30), jetant ainsi les bases des domaines d'application ultérieurs (chapitre 11).

10.1 Importance et méthode de classification du carbure cémenté

La classification du carbure cémenté est au cœur des applications de la science et de l'ingénierie des matériaux et intervient tout au long du processus de recherche et développement, de l'optimisation des procédés et de l'application pratique. Son importance réside dans le fait qu'une méthode de classification systématique permet d'améliorer directement la précision du choix des matériaux (taux de correspondance théorique de 95 % ± 2 %), d'optimiser le processus de production et de réduire les coûts (10 % ± 2 %), et d'améliorer la précision des prévisions de performances (90 % ± 2 %). Français La classification nécessite une prise en compte complète de plusieurs facteurs, notamment la composition chimique (le carbure de tungstène WC représente 70 % à 95 % ± 1 %), la phase de liaison (comme le cobalt Co ou le nickel Ni représente 5 % à 30 % ± 1 %), les caractéristiques microstructurales (telles que la plage de granulométrie de 0,5 à 10 μm ± 0,01 μm) et les caractéristiques fonctionnelles (telles que la valeur théorique du coefficient de frottement < 0,2 ± 0,01, la valeur théorique de la résistivité < 12 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm). Un système de classification scientifique peut non seulement révéler les lois physiques et chimiques intrinsèques du carbure cémenté, mais aussi favoriser la réalisation d'une production standardisée (le taux qualifié peut être proche de 99 % ± 1 %), et soutenir sa large application dans des domaines

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

intersectoriels tels que l'aérospatiale, l'exploitation minière, la fabrication électronique, l'industrie automobile, les équipements énergétiques, les dispositifs médicaux et la défense nationale et militaire. D'un point de vue théorique, le système de classification optimise le degré de correspondance entre la conception des matériaux et leur application en établissant une relation de cartographie entre composition, microstructure et performance, reflétant les dernières avancées dans des domaines de recherche de pointe tels que l'ingénierie du génome des matériaux et l'analyse multi-échelle. De plus, la classification apporte également un soutien important à la fabrication durable, notamment en répondant efficacement aux besoins de la fabrication verte et de la protection de l'environnement en réduisant le gaspillage de matériaux (valeur théorique < 2 % ± 0,5 %) et en améliorant l'efficacité de l'utilisation des ressources (valeur théorique > 98 % ± 1 %). À l'heure actuelle, avec le développement rapide des technologies de fabrication additive (comme l'impression 3D de carbure cémenté) et des modes de production intelligents (comme la conception assistée par IA), le système de classification doit intégrer davantage de mécanismes d'ajustement dynamique pour s'adapter aux diverses exigences des procédés émergents en matière de propriétés des matériaux et de conditions de traitement, telles que les applications potentielles dans l'exploration spatiale ou la fabrication d'équipements informatiques quantiques de haute précision.

Cette section aborde de manière systématique les fondements scientifiques et l'intérêt industriel de la classification, l'évolution des méthodes de classification (de la composition à la fonction), ainsi que les normes internationales et les pratiques industrielles. Elle explique en détail l'importance et les méthodes de classification en combinant la théorie fondamentale des matériaux (analyse des diagrammes de phases, principes thermodynamiques), les techniques d'analyse expérimentale (microscopie électronique à balayage MEB, spectroscopie dispersive en énergie EDS, résolution théorique < 0,1 μm ± 0,01 μm) et les normes internationales (ISO 513, ASTM B276). Français Par exemple, le WC10Co (taille de grain théorique 0,5 μm±0,01 μm) est classé comme matériau d'outil de coupe en raison de sa dureté élevée (valeur théorique HV 1800±30) et de son excellente résistance à l'usure (taux d'usure théorique 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m), tandis que le WC10Ni (résistivité théorique 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm) convient aux composants tels que les contacts électriques et les électrodes EDM en raison de ses propriétés conductrices. Cette diversité de classification reflète non seulement la complexité des propriétés des matériaux, mais fournit également un support de base pour la fabrication intelligente. Par exemple, les modèles de classification basés sur les données (tels que les performances prédictives de l'apprentissage automatique) peuvent améliorer l'efficacité de la conception (la valeur théorique peut être augmentée de 15 %±2 %), raccourcissant ainsi le cycle de R&D et réduisant les coûts de test.

10.1.1 Base scientifique, valeur industrielle et application

10.1.1.1 Bases scientifiques et principes de classification

La classification scientifique des carbures cémentés repose sur une compréhension approfondie de la composition chimique, de la microstructure et des propriétés physico-chimiques des matériaux. La composition chimique comprend généralement du carbure de tungstène WC comme phase dure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(proportion théorique de 70 % à 95 % ± 1 %), du cobalt Co ou du nickel Ni comme phase de liaison (proportion théorique de 5 % à 30 % ± 1 %), et une faible quantité d'additifs fonctionnels (tels que le carbure de titane TiC , proportion théorique de 0 % à 10 % ± 0,1 %). Les caractéristiques microstructurales comprennent la taille des grains (plage théorique 0,5-10 μm±0,01 μm), la densité des joints de grains (valeur théorique 10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) et l'uniformité de la distribution de phase, qui sont caractérisées par microscopie électronique à balayage (MEB, résolution théorique < 0,1 μm±0,01 μm) et spectroscopie dispersive en énergie (EDS). Les propriétés physicochimiques comprennent la dureté (plage théorique HV 800-2000±30), la densité (valeur théorique 14,5 g/cm^3 ± 0,1 g/cm^3), la ténacité à la rupture (plage théorique K_{ic} 8-20 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5), la résistance à l'usure (taux d'usure théorique < 0,06 mm^3 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m) et la résistance à la corrosion (densité de courant de corrosion théorique i_corr < 10^{-6} A/cm^2 ± 10^{-7} A/cm^2).

La base théorique de la classification comprend l'analyse du diagramme de phase et les calculs thermodynamiques. Par exemple, le diagramme de phase binaire du WCCo montre que sa température théorique de liquidus est d'environ 1300 °C ± 10 °C, ce qui révèle l'étape clé de l'équilibre de phase et du réarrangement des particules pendant le frittage ; la thermodynamique quantifie la stabilité de chaque phase grâce à l'énergie libre de Gibbs (valeur théorique ΔG < 0 kJ/mol ± 10 kJ/mol), parmi lesquelles l'enthalpie de formation du WC (valeur théorique ΔH_f ~ 40 kJ/mol ± 5 kJ/mol) est significativement inférieure à l'enthalpie d'oxydation du Co (valeur théorique ΔH_ox ~ 200 kJ/mol ± 10 kJ/mol), fournissant un support théorique pour le développement de matériaux résistants à la corrosion. De plus, la relation Hall-Petch montre une relation inverse entre la taille des grains et la dureté, les grains fins (valeur théorique < 2 μm±0,01 μm) augmentant théoriquement la dureté à HV 1800±30, tandis que les grains grossiers (valeur théorique > 5 μm±0,01 μm) augmentent la ténacité à K_{1c} > 15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5. Les tests de performance vérifient les prédictions théoriques au moyen de normes internationales (telles que les tests d'usure ASTM G65 et de corrosion ASTM G59) afin de garantir la scientificité et la cohérence de la classification. L' objectif ultime de la classification est d'atteindre une précision de prédiction des performances théoriques supérieure à 90 % ± 2 % et un taux de correspondance des applications supérieur à 95 % ± 2 %, et de poser les bases du carbure cémenté à l'échelle nanométrique (par exemple, une valeur de grain théorique < 0,2 μm ± 0,01 μm) dans des applications haut de gamme telles que les moules microélectroniques de haute précision.

10.1.1.2 Mécanisme de classification et analyse des performances

Les performances du carbure cémenté résultent de l'effet synergique de la phase dure du WC et de la phase de liaison du Co. Le WC présente une énergie de liaison chimique élevée (valeur théorique d'environ 700 kJ/mol ± 10 kJ/mol) et une structure cristalline hexagonale (dureté Mohs théorique > 9), ce qui lui confère une excellente dureté et une excellente résistance à l'usure. Le Co utilise une structure cristalline cubique à faces centrées (FCC) (allongement théorique de 1 % ± 0,1 %) comme phase de liaison, absorbe l'énergie par déformation plastique et améliore la résistance à la fissuration du matériau. Le mécanisme de classification repose sur les paramètres clés suivants :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

composition chimique

Le WC est utilisé comme phase principale (proportion théorique 70%-95%±1%), le Co ou le Ni est utilisé comme phase de liaison (proportion théorique 5%-30%±1%), et des additifs (tels que le TiC proportion théorique 5%-10%±0,1%) sont utilisés pour ajuster les performances à haute température et la résistance à la corrosion.

Microstructure

La plage théorique de granulométrie est de 0,5 à 10 μm ± 0,01 μm , ce qui affecte directement les propriétés mécaniques. La valeur théorique de la résistance de liaison aux joints de grains > 100 MPa ± 10 MPa détermine la résistance à la fatigue et la ténacité à la rupture.

Propriétés physiques et chimiques

La plage de dureté théorique est HV 800-2000±30, la valeur théorique de résistance à l'usure taux d'usure <0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, la densité de courant de corrosion théorique i_{corr} < 10^{-6}A / cm^2 ± 10^{-7}A / cm^2 .

L'analyse du diagramme de phase montre que le système WCCo forme une phase liquide à une température théorique de 1300°C±10°C, favorisant le réarrangement des particules et la densification du matériau (densité relative théorique> 99,5%±0,1%), tandis que l'ajout de TiC ou TaC peut théoriquement améliorer la stabilité à haute température (valeur théorique> 1000°C±20°C). Les calculs thermodynamiques montrent en outre que la stabilité chimique du WC (enthalpie de formation théorique ΔH_f~40 kJ/mol±5 kJ/mol) est supérieure à la tendance à l'oxydation du Co (enthalpie d'oxydation théorique ΔH_{ox}~200 kJ/mol±10 kJ/mol), fournissant une base théorique pour le développement de carbure cémenté résistant à la corrosion. Français L'analyse expérimentale révèle l'uniformité du grain (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %) par observation SEM (comme l'échantillon WC10Co), et l'analyse EDS confirme l'uniformité de la distribution de phase Co (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %). Ces caractéristiques microstructurelles sont étroitement liées aux propriétés macroscopiques. Les résultats des tests de performance montrent que le taux d'usure théorique du WC6Co est de 0,04 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m, ce qui le rend adapté aux applications de haute précision résistantes à l'usure, tandis que le taux d'usure théorique du WC20Co est de 0,08 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m, ce qui le rend plus adapté aux conditions de coupe intensives nécessitant une ténacité élevée.

10.1.1.3 Analyse des facteurs d'influence

La précision et la praticabilité de la classification des carbures cémentés dépendent de divers facteurs et doivent être optimisées par une analyse systématique. Ces facteurs incluent la composition du matériau, la microstructure, les paramètres de procédé, les conditions d'essai, l'environnement externe et le procédé de post-traitement, qui sont détaillés ci-dessous :

Écart de composition

Une fluctuation théorique de la teneur en Co de la phase de liaison de ± 1 % ± 0,1 % entraîne une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

variation de la dureté de ± 50 %. Lorsque la teneur en TiC dépasse la valeur théorique de 10 % ± 0,1 %, la ténacité à la rupture K_{1C} La dureté à haute température diminuera théoriquement de 10 % ± 2 %, tandis qu'une teneur en VC supérieure à 0,5 % ± 0,01 % peut entraîner des grains excessivement fins (valeur théorique < 0,3 µm ± 0,01 µm), augmentant la fragilité de traitement de 5 % ± 1 %. De plus, une teneur en TaC supérieure à 5 % ± 0,1 % peut théoriquement augmenter la dureté à haute température de 10 % ± 2 %, mais elle augmentera également le coût de production d'environ 15 % ± 3 %.

Taille des grains

La plage théorique de granulométrie est de 0,5 à 1 µm ± 0,01 µm , ce qui permet d'augmenter significativement la dureté (valeur théorique > HV 1800 ± 30) et de réduire le taux d'usure (valeur théorique < 0,04 mm³ / N·m ± 0,01 mm³ / N·m). Cependant, lorsque la granulométrie dépasse 5 µm ± 0,01 µm , la résistance à l'usure augmente théoriquement de 20 % ± 3 % et la ténacité (K_{1C}) augmente. augmente de 15 % ± 2 % en théorie), mais la finition de surface diminue en théorie (Ra > 0,8 µm ± 0,1 µm). Bien que les nano-grains (valeur théorique < 0,2 µm ± 0,01 µm) puissent augmenter la dureté jusqu'à une valeur théorique > HV 2000 ± 50, une croissance anormale des grains est susceptible de se produire (probabilité théorique > 5 % ± 1 %), et la température de frittage doit être contrôlée dans la valeur théorique < 1350 °C ± 10 °C.

Conditions de test

Une charge théorique de 10 kg ± 0,1 kg affectera la valeur théorique de l'écart de test de dureté < ± 30, lorsque la vitesse d'essai dépasse 0,1 m/s ± 0,01 m/s, le taux d'usure augmentera de 5 % ± 1 % en théorie, et l'humidité ambiante dépassera 50 % ± 5 %, ce qui provoquera la densité de courant de corrosion i_{corr} La dureté théorique peut augmenter de 10 % ± 2 % en théorie, et lorsque la température d'essai dépasse 200 °C ± 10 °C, le matériau peut subir un ramollissement thermique (la dureté théorique diminue de 5 % ± 1 %). Ces conditions doivent être normalisées pour garantir la répétabilité des résultats d'essai.

Procédé de frittage

Une température de frittage théorique de 1 450 °C ± 10 °C permet d'obtenir une densité du matériau supérieure à 99,5 % ± 0,1 % et une microstructure uniforme. Cependant, une température supérieure à 1 500 °C ± 10 °C entraîne théoriquement une augmentation de la ségrégation de phase de 15 % ± 3 % et de la croissance des grains (valeur théorique > 10 µm ± 0,01 µm), réduisant ainsi la dureté d'environ 10 % ± 2 %. Une pression de frittage supérieure à 30 MPa ± 2 MPa peut théoriquement améliorer encore la densité (valeur théorique > 99,8 % ± 0,1 %), mais augmente le coût de l'équipement d'environ 5 % ± 1 %. L'atmosphère de frittage (telle que Ar ou H_2) peut théoriquement réduire l'oxydation (valeur théorique de la teneur en oxygène < 0,01 % ± 0,001 %), sinon la résistance à la corrosion diminuera théoriquement de 20 % ± 3 %.

additif

Cr_3C_2 de 0,5 %±0,01% peut améliorer la résistance à la corrosion de 40%±5% et affiner les grains (valeur théorique <1 µm±0,01 µm), mais lorsqu'il dépasse 1%±0,01%, la ténacité à la rupture K_{1C}

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

diminue théoriquement de 10%±2% ; l'ajout théorique de VC de 0,2%±0,01% peut affiner les grains (valeur théorique <0,5 μm±0,01 μm) et améliorer la dureté de 10%±2%, mais lorsqu'il dépasse 0,5%±0,01%, il induira théoriquement une précipitation de phase secondaire (valeur théorique>2%±0,5%) et réduira la ténacité d'environ 5%±1%. L'ajout théorique de TaC de 2% ± 0,1% peut améliorer la dureté à haute température (valeur théorique > HV 1900 ± 30), mais il augmentera le coefficient de dilatation thermique (augmentation théorique de 5% ± 1%), qui doit correspondre au matériau de base.

Environnement extérieur et conditions d'utilisation

Les températures de fonctionnement supérieures à 800°C±20°C conduisent théoriquement à un ramollissement de la phase Co (diminution théorique de la dureté de 15%±2%), les environnements acides (valeur théorique du pH <4±0,5) augmentent théoriquement la densité de courant de corrosion i_corr de 30%±5%, et la probabilité de formation de microfissures dépasse théoriquement 10%±2% lorsque la charge d'impact dépasse 500 J±50 J. Ces facteurs nécessitent que le système de classification prenne en compte la prédiction de la durée de vie (valeur théorique >5000 heures±500 heures) et l'analyse des modes de défaillance potentiels.

Post-traitement

Le meulage peut théoriquement réduire la rugosité de surface à Ra<0,2 μm±0,05 μm , mais il introduira une contrainte résiduelle (valeur théorique>200 MPa±20 MPa) ; le revêtement (tel que TiN) peut théoriquement améliorer la résistance à l'usure de 30 %±5 %, mais la probabilité de pelage sous charge élevée est théoriquement supérieure à 5 %±1 % ; le traitement thermique (tel que le recuit à basse température à 600°C±10°C) peut théoriquement soulager la contrainte de 20 %±3 %, mais la dureté est théoriquement légèrement réduite de <5 %±1 %.

Français Par exemple, le WC10Co est classé de dureté élevée à dureté moyenne car sa granulométrie dépasse théoriquement 5 μm±0,01 μm , et sa dureté tombe théoriquement à HV 1500±30 ; le WC10Ni avec une quantité théorique de 15 %±0,1 % de TiC ajouté est classé comme résistant à l'usure et conducteur plutôt que comme ténacité élevée en raison de sa ténacité à la rupture insuffisante (valeur théorique $K_{1c} \sim 8\ MPa \cdot m^{1/2} \pm 0,5$) . L'analyse complète de ces facteurs garantit la scientificité et la praticabilité du système de classification, lui permettant de s'adapter à des conditions de travail complexes et à des demandes diversifiées du marché.

10.1.1.4 Valeur industrielle et application technique

Efficacité économique et optimisation des ressources

La classification du carbure cémenté optimise considérablement l'utilisation des ressources et les avantages économiques pour l'industrie. Grâce à des méthodes de classification scientifiques, les déchets de matériaux peuvent être théoriquement limités à < 2 % ± 0,5 %, les coûts de production peuvent être réduits d'environ 10 % ± 2 % et le taux de qualification des produits peut atteindre > 99 % ± 1 %. Par exemple, le WC6Co, utilisé pour les outils de coupe aéronautiques, présente un taux d'utilisation théorique pouvant atteindre 98 % ± 1 %, réduisant ainsi efficacement le taux de rebut dû aux inadéquations de performances (valeur théorique < 1 % ± 0,5 %). Français Dans

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

l'industrie minière, le WC20Co optimise la durée de vie des trépans de forage (valeur théorique > 5000 heures ± 500 heures) grâce à sa ténacité et sa résistance aux chocs élevées (valeur théorique K_{1c} > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, résistance aux chocs > 10^6fois ± 10^5 fois) , réduisant ainsi théoriquement la fréquence de remplacement et les coûts de maintenance d'environ 8 % ± 2 %. Dans la fabrication électronique, le WC10Ni est produit par classification et orientation en raison de sa conductivité (résistivité théorique 11 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm , résistance de contact < 0,1 mΩ ± 0,01 mΩ), ce qui réduit les liaisons de traitement redondantes et permet théoriquement d'économiser la consommation d'énergie d'environ 5 % ± 1 %. Ces avantages économiques sont dus au contrôle précis des ratios de matières premières et des paramètres de processus par le système de classification, garantissant la production stable de produits à haute valeur ajoutée.

Exemples d'applications d'ingénierie

Outils aérospatiaux

Le WC6Co (dureté théorique HV 1800±30, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) est classé comme haute dureté en raison de sa dureté et de sa résistance à l'usure élevées (taux d'usure théorique < 0,04 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), et convient à la découpe de précision des alliages de titane et des alliages haute température. Sa durée de vie théorique dépasse 5000 heures±500 heures, dépassant de loin les aciers à outils traditionnels (durée de vie théorique < 1000 heures±200 heures). La structure à grains fins (valeur théorique < 1 μm±0,01 μm) permet le tournage de pièces à parois ultra-minces, et la précision géométrique théorique est < 10 μm±1 μm , conforme aux normes aéronautiques.

Trépans de forage minier

Le WC20Co (ténacité théorique à la rupture K_{1c}~20 MPa·m$^{1/2}$±0,5, granulométrie 2 μm±0,01 μm) est classé comme ténacité élevée en raison de sa ténacité et de sa résistance aux chocs élevées (résistance aux chocs théorique >10^6 fois±10^5 fois, taux d'usure 0,08 mm³/N·m±0,01 mm³/N·m), et est largement utilisé dans le forage de roches. Sa durée de vie théorique continue dépasse 6 000 heures±500 heures, et sa structure à gros grains et l' ajout de TaC (valeur théorique 2 %±0,1 %) améliorent la dureté à haute température (valeur théorique >HV 1 900±30), ce qui le rend adapté aux environnements de puits profonds.

Contacts pour la fabrication électronique

Le WC10Ni (résistivité théorique 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm , résistance de contact <0,1 mΩ±0,01 mΩ) est classé comme conducteur en raison de sa conductivité et de sa résistance à la corrosion (valeur théorique i_corr <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A/cm²) , et convient aux interfaces de charge et aux commutateurs haute tension. Précision dimensionnelle théorique <1 μm±0,1 μm , fonctionnement 5000 heures±500 heures, variation de résistance <1%±0,5%.

industrie automobile

Le WC8Co (dureté théorique HV 1600±30, résistance à l'usure 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) est classé comme dureté moyenne à élevée et est utilisé pour les chemises de cylindre et les segments

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de piston. Sa durée de vie théorique est de 4 000 heures ± 400 heures, sa rugosité de surface Ra<0,3 µm±0,05 µm et le MoS_2 (valeur théorique 0,3 % ± 0,01 %) améliore l'autolubrification.

Équipements énergétiques

Le WC15Co (K_1 c théorique ~18 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5, perte de poids due à la résistance à la corrosion < 0,1 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2) est classé comme résistant à la corrosion à haute ténacité et convient aux moules de forage pétrolier et d'énergie éolienne . Durée de vie théorique > 5 000 heures ± 500 heures, Cr_3C_2 (valeur théorique 0,5 % ± 0,01 %) améliore la résistance à la corrosion de l'eau de mer.

Dispositifs médicaux

Le WC5Co (dureté théorique HV 1900±30, granulométrie 0,3 µm±0,01 µm) est classé comme ultra-dur et convient aux bistouris et aux forets dentaires. Durée de vie théorique > 3000 heures±300 heures, précision < 5 µm±0,5 µm .

Défense nationale et militaire

Le WC12Co (K_1 c théorique ~ 16 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5) est classé comme un alliage à haute ténacité et convient aux projectiles perforants. Taux de pénétration théorique > 95 % ± 2 %, durée de vie > 10^4 ± 10^3.

Fabrication intelligente et développement durable

Avec les progrès de la fabrication intelligente en 2025, le système de classification intègre l'IA, prédit les performances grâce aux données historiques (précision théorique > 90 % ± 2 %), optimise les processus (comme la température de frittage de 1 450 °C ± 10 °C) et améliore l'efficacité de 15 % ± 2 %. Le développement durable réduit la demande minière de 10 % ± 2 % grâce au recyclage (taux de récupération théorique > 90 % ± 2 %) et favorise la neutralité carbone (réduction théorique des émissions de 5 % ± 1 %) grâce à des procédés à faible consommation d'énergie (réduction théorique de la consommation d'énergie de 5 % ± 1 %).

Tendances et défis futurs

La fabrication additive nécessite l'optimisation de l'anisotropie de la structure en couches (valeur théorique < 5 % ± 1 %) et la surveillance en temps réel de la croissance des grains (résolution théorique < 0,1 µm ± 0,01 µm) pour améliorer la précision, mais elle augmente les coûts d'équipement (augmentation de la valeur théorique de 5 % ± 1 %) et les exigences de traitement des données (augmentation théorique de 20 % ± 3 %). Les normes internationales (telles que ISO 513, ASTM B276) sont alignées pour améliorer la compatibilité mondiale (valeur théorique > 95 % ± 2 %).

10.1.2 Évolution et normalisation des méthodes de classification

La méthode de classification du carbure cémenté a profondément évolué, passant d'une approche monocomposant dans les années 1950 à une approche multidimensionnelle au XXIe siècle. Cette

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

évolution reflète non seulement les progrès de la science des matériaux et de l'ingénierie, mais aussi la diversité et la complexité des besoins des applications industrielles. Cette section explore systématiquement la trajectoire évolutive de la méthode de classification et sa valeur applicative dans l'industrie moderne sous quatre angles : aperçu de l'évolution de la méthode de classification et des progrès technologiques, analyse des facteurs déterminants, évolution des mécanismes, normes internationales et vérification des cas. Le développement de la méthode de classification améliore non seulement la précision de l'adéquation des matériaux et des applications (valeur théorique > 95 % ± 2 %), mais jette également les bases d'une production standardisée transnationale et de l'optimisation des performances.

10.1.2.1 Aperçu de l'évolution des méthodes de classification et des progrès technologiques

Français L'origine de la classification du carbure cémenté remonte aux années 1950. La méthode de classification de l'époque était principalement basée sur la composition chimique, en se concentrant sur la plage de proportion de la teneur en cobalt (Co) dans le système WCCo (par exemple 5 %-30 % ± 1 %). La classification représentative de cette période prenait le WC10Co comme exemple, qui ajustait simplement la teneur en Co pour distinguer la dureté et la ténacité, mais sa limite était qu'elle ignorait l'influence de la microstructure (comme la plage théorique de granulométrie de 0,5 à 10 μm ± 0,01 μm) et des caractéristiques fonctionnelles (comme la valeur théorique de résistance à l'usure < 0,06 mm^3 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m, la valeur théorique de conductivité < 12 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm) sur les performances, ce qui entraînait une précision de classification théorique de seulement < 80 % ± 5 %. Cette méthode répondait aux besoins des outils de coupe de base de l'époque, mais avec le développement de la technologie industrielle, son caractère unique a progressivement exposé ses défauts et n'a pas pu faire face à des conditions de travail complexes et à des applications diversifiées.

À l'aube du XXIe siècle, la méthode de classification du carbure cémenté a progressivement évolué vers un système multidimensionnel prenant en compte de manière exhaustive la composition chimique, la microstructure et les propriétés fonctionnelles. Cette transformation est due à l'introduction de techniques de caractérisation et de méthodes d'analyse de données avancées. Par exemple, la microscopie électronique à balayage (MEB) permet une observation précise de la granulométrie et de la distribution des phases avec une résolution théorique < 0,1 μm ± 0,01 μm , et le magnétomètre à échantillon vibrant (VSM) mesure les propriétés magnétiques de la phase Co avec une précision théorique de ± 0,1 μm/g. Ces technologies constituent une base fiable pour l'analyse microstructurale. De plus, l'analyse en composantes principales (ACP) utilise un coefficient de corrélation théorique > 0,9 ± 0,05 comme outil statistique pour extraire la relation clé entre plusieurs variables, tandis que la technologie de modélisation de bases de données optimise la prévision des performances en intégrant une grande quantité de données expérimentales (erreur théorique < 5 % ± 1 %). Les progrès significatifs des méthodes de classification modernes ont permis d'améliorer la précision théorique de la classification à > 95 % ± 2 %, ce qui permet de mieux refléter les caractéristiques de performance des matériaux, répondant ainsi aux besoins d'un large éventail d'applications, des outils de coupe traditionnels aux composants électroniques et aux implants biomédicaux. Cette avancée technologique améliore non seulement le caractère

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

scientifique de la classification, mais apporte également un soutien technique à la conception intelligente et à l'optimisation des processus.

10.1.2.2 Moteurs de l'évolution des méthodes de classification

L'évolution des méthodes de classification des carbures cémentés est motivée par de multiples facteurs, qui ont contribué ensemble à la transition de la classification de composition statique à l'optimisation fonctionnelle dynamique.

Complexité matérielle

Le système binaire traditionnel WCCo s'est progressivement transformé en un système composite multiphasé en raison de ses limites. De nouveaux alliages, tels que le WC10TiC10Ni, ont été formés par l'introduction d'éléments tels que le carbure de titane (TiC , plage d'addition théorique : 5 %-10 % ± 0,1 %) et le nickel (Ni, plage d'addition théorique : 8 %-12 % ± 1 %). Cette complexité du matériau accroît les variables de performance, telles que les effets synergétiques de la dureté, de la résistance à l'usure et de la conductivité. Les méthodes de classification traditionnelles peinent à refléter précisément ces changements ; un système de classification multidimensionnel plus complexe est donc nécessaire pour les traiter.

Applications diversifiées

Les domaines d'application du carbure cémenté se sont étendus des premiers outils de coupe des métaux (dureté théorique > HV 1800±30) à la fabrication électronique (résistivité théorique < 12 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm), à la biomédecine (biocompatibilité théorique > 95 %±2 %), aux équipements énergétiques et aux domaines de la défense nationale et militaire. Les exigences en matière de propriétés des matériaux varient considérablement selon les industries. Par exemple, l'aérospatiale exige une dureté et une précision élevées, tandis que la biomédecine accorde une plus grande importance à la biocompatibilité et à la résistance à la corrosion. Cette diversification des applications a contraint le système de classification à passer d'une approche axée sur les performances à une évaluation globale et multifonctionnelle afin de répondre aux besoins spécifiques de chaque secteur.

Progrès technologique

Le développement rapide des technologies de caractérisation et d'essai a posé des bases solides pour l'innovation des méthodes de classification. Des normes internationales telles que ASTM G65 et ASTM G59 réglementent les essais de résistance à l'usure et à la corrosion et fournissent des indicateurs de performance quantifiables ; la microscopie électronique à balayage (MEB) et la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) permettent une analyse fine des microstructures avec une résolution théorique de < 0,1 μm ± 0,01 μm ; et le magnétomètre à échantillon vibrant (VSM) quantifie les propriétés magnétiques avec une précision théorique de ± 0,1 emu/g. Ces avancées technologiques ont considérablement amélioré la précision et la répétabilité des données, facilitant ainsi l'analyse multivariée et la modélisation de bases de données, favorisant ainsi la modernisation des méthodes de classification.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

L'interaction de ces facteurs moteurs a incité l'approche de classification à passer d'une division statique des composants à une optimisation fonctionnelle dynamique, s'adaptant ainsi à la demande croissante de matériaux hautes performances dans l'industrie moderne.

10.1.2.3 Évolution du mécanisme

L'évolution du mécanisme de classification du carbure cémenté reflète la transition d'un simple jugement empirique à une orientation théorique scientifique. Ce processus peut être divisé en deux étapes : le mécanisme primitif et le mécanisme moderne.

Mécanisme précoce

Dans les années 1950, la classification des nuances de carbure cémenté reposait principalement sur la teneur en Co. Les alliages à faible teneur en Co (plage théorique de 5 à 10 % ± 1 %) ont une dureté théorique > HV 1800 ± 30, ce qui convient aux outils de coupe de haute précision, tels que l'usinage de pièces aérospatiales, et leur durée de vie théorique peut atteindre des milliers d'heures ; les alliages à teneur moyenne en Co (plage théorique de 10 à 20 % ± 1 %) ont une ténacité à la rupture théorique K_{1c}. entre 12-15 $MPa \cdot m^{1/2} \pm 0,5$, ce qui convient aux moules et aux emboutissages, et la valeur théorique de la résistance aux chocs est $>10^6 \pm 10^5$fois ; les alliages à haute teneur en Co (plage théorique 20%-30%±1%) ont une ténacité à la rupture théorique $K_{1c} > 15\ MPa \cdot m^{1/2} \pm 0,5$, ce qui convient aux forets miniers, et la valeur théorique de la résistance aux chocs est également > $10^6 \pm 10^5$fois. Cependant, cette méthode s'appuie uniquement sur le rapport Co, ignorant les effets de la taille des grains (plage théorique 0,5-10 μm±0,01 μm) et des additifs (tels que Cr_3C_2 valeur théorique 0,5%±0,01%) sur les performances, ce qui entraîne une erreur de classification théorique allant jusqu'à 20%±5%, ce qui rend difficile de répondre aux exigences précises dans des conditions de travail complexes.

Mécanisme moderne

Le mécanisme de classification moderne introduit une évaluation multidimensionnelle de la microstructure, des performances et de la fonction, ce qui améliore considérablement la scientificité et l'applicabilité de la classification. Plus précisément, des paramètres microstructuraux tels qu'une granulométrie de 0,5 μm ± 0,01 μm correspondent à une dureté élevée (valeur théorique > HV 1800 ± 30), tandis qu'une granulométrie > 5 μm ± 0,01 μm correspond à une ténacité élevée (valeur théorique $K_{1c} > 15\ MPa \cdot m^{1/2} \pm 0,5$) ; Les indicateurs de performance comprennent la résistance à l'usure (valeur théorique basée sur la norme ASTM G65 < 0,06 $mm^3/N \cdot m \pm 0,01\ mm^3/N \cdot m$), la résistance à la corrosion (valeur théorique basée sur la norme ASTM G59 $i_corr < 10^{-6} A/cm^2 \pm 10^{-7} A/cm^2$); les propriétés fonctionnelles comprennent la conductivité (valeur théorique de la résistivité < 12 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm) et l'autolubrification (valeur théorique du coefficient de frottement < 0,2 ± 0,01, obtenue par dopage MoS_2). Par exemple, l'analyse SEM montre que la densité théorique des joints de grains du WC6Co est $>10^{14} m^{-2} \pm 10^{13} m^{-2}$, la taille des grains est de 0,5 μm ± 0,01 μm et la dureté théorique atteint HV 1800 ± 30 ; la taille théorique des grains du WC20Co est de 5 μm ± 0,01 μm , la densité des joints de grains est faible et la ténacité à la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

rupture théorique K_{1c}~20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. De plus, l'ajout de TiC (valeur théorique 10 % ± 0,1 %) peut théoriquement augmenter la dureté de 10 % ± 2 %, mais réduira théoriquement la ténacité à la rupture K_{1c} de 10 % ± 2 %, ce qui indique que la classification axée sur la fonction (comme la classification résistante à l'usure et conductrice) est meilleure que la classification à composant unique. L'analyse de la base de données est basée sur > 10^4 données expérimentales, et le coefficient de corrélation théorique est > 0,95 ± 0,02, ce qui vérifie la fiabilité des mécanismes modernes.

10.1.2.4 Normes internationales et études de cas

Les normes internationales fournissent un cadre unifié pour la classification du carbure cémenté, garantissant la cohérence de la production transfrontalière et la fiabilité des applications. Les normes ISO 513 et ASTM B276 sont deux normes fondamentales : la première classe les matériaux en fonction des objets de traitement et des scénarios d'application, tandis que la seconde se concentre sur les tests de performance et les indicateurs quantitatifs. Prenons l'exemple du WC10TiC10Ni : sa dureté théorique HV 1 650 ± 30, sa résistivité 11 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm et sa résistance à l'usure 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, ce qui le place au-dessus du WC10Co traditionnel (précision théorique 80 %± 5 %), et lui permet d'être classé comme résistant à l'usure et conducteur, adapté aux contacts électroniques (résistance de contact théorique < 0,1 mΩ± 0,01 mΩ) et à la découpe sous faible charge (durée de vie théorique > 4 000 heures ± 400 heures). En revanche, le WC10Co traditionnel ne prend en compte que la teneur en Co (valeur théorique 10 %± 1 %), ne reflète pas l'effet synergique du TiC et du Ni et présente une faible précision de classification. En combinant l'évolution historique, l'analyse théorique et la vérification de cas, les méthodes de classification modernes ont considérablement amélioré l'efficacité et la fiabilité des applications.

10.1.3 Normes internationales (ISO, ASTM) et pratiques de l'industrie

La normalisation de la classification du carbure cémenté est essentielle à la collaboration industrielle et au contrôle qualité à l'échelle mondiale. Les normes internationales (telles que ISO 513 et ASTM B276) et les pratiques industrielles constituent le cadre normatif du système de classification. Ces normes et pratiques garantissent la cohérence (valeur théorique > 95 % ± 2 %) et la fiabilité de l'application (taux théorique qualifié > 99 % ± 1 %) du carbure cémenté dans la production transnationale en fournissant des spécifications techniques unifiées et en fournissant des orientations pour l'optimisation des performances et les applications innovantes. Cette section détaille le rôle des normes internationales et des pratiques industrielles, ainsi que leur application pratique sous trois aspects : principes de classification et aperçu technique, mécanisme et analyse, et analyse des facteurs d'influence.

10.1.3.1 Principes de classification et aperçu technique

Les normes internationales ISO 513 et ASTM B276 fournissent les bases scientifiques et les directives opérationnelles pour la classification du carbure cémenté. L'ISO 513 classe principalement le carbure cémenté en fonction de ses domaines d'application, couvrant l'usinage par enlèvement de copeaux (acier, fonte, métaux non ferreux, etc.), l'exploitation minière et les pièces résistantes à l'usure. Elle assure l'adéquation des matériaux et des conditions de travail en définissant

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

différentes nuances (séries K, P et M, par exemple). L'ASTM B276 se concentre sur les normes d'essais de performance et spécifie en détail les méthodes de mesure de la dureté, du taux d'usure et de la ténacité à la rupture, fournissant ainsi une base quantitative pour la classification. De plus, les pratiques industrielles sont complétées dans le cadre normatif en fonction de la demande du marché régional et de l'expérience pratique. Par exemple, l'industrie européenne privilégie les matériaux à haute dureté (valeur théorique > HV 1800 ± 30), tandis que l'industrie américaine accorde une plus grande attention aux matériaux à haute ténacité (valeur théorique K_{1} c > 15 MPa·m¹ / ² ± 0,5) pour s'adapter à différents scénarios d'application. L'objectif combiné de ces normes et pratiques est de contrôler la valeur théorique de l'erreur de classification < 5 % ± 1 % et de garantir la valeur théorique du taux de correspondance des applications > 95 % ± 2 %, soutenant ainsi la stabilité de la chaîne d'approvisionnement mondiale et l'amélioration de la qualité des produits.

Le système de normes de test pour la classification du carbure cémenté comprend les éléments clés suivants :

ISO 513

Les normes de classification des outils comprennent la série K (fonte, métaux non ferreux, dureté théorique > HV 1800±30, granulométrie théorique <1 μm±0,01 μm), la série P (acier, ténacité théorique à la rupture **ISO 513)**

10-15 MPa·m¹ /² ± 0,5, teneur théorique en Co 10 %-15 % ± 1 %), série M (polyvalent, taux d'usure théorique < 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m). Cette norme guide le choix des matériaux par la classification des nuances.

ASTM B276

La norme d'essai de performance du carbure cémenté spécifie la plage d'essai de dureté Vickers HV 800-2000±30 (valeur de charge théorique 10 kg±0,1 kg), l'essai de taux d'usure (ASTM G65, valeur théorique <0,06 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), l'essai de ténacité à la rupture (plage théorique **ISO 513**

8-20 MPa·m¹ / ² ± 0,5).

ASTM E92

Norme d'essai de dureté Vickers, précision d'essai théorique ± 30, garantit la comparabilité des données de dureté.

ASTM G59

Norme d'essai de performance de corrosion, densité de courant de corrosion théorique i_{corr} <10 ⁻ ⁶ A/cm ² ± 10 ⁻ ⁷ A/cm ² , utilisé pour évaluer la résistance à la corrosion.

Français Par exemple, la norme ISO 513 classe le WC6Co comme K10, avec une dureté théorique de HV 1800±30 et une granulométrie théorique de 0,5 μm±0,01 μm , ce qui convient à la coupe de l'acier ; la norme ASTM B276 confirme son taux d'usure théorique de 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m par des tests, vérifiant sa haute résistance à l'usure. Dans la pratique industrielle, les outils aéronautiques préfèrent la nuance K05 (granulométrie théorique < 0,5 μm±0,01 μm) pour garantir une haute précision, et les forets miniers préfèrent la nuance C2 (teneur théorique en Co > 20 %±1 %) pour améliorer la ténacité.

10.1.3.2 Mécanisme de classification et analyse

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Les normes internationales et les pratiques industrielles ont conjointement amélioré le système d'évaluation des performances du carbure cémenté grâce à différents mécanismes de classification et méthodes d'analyse.

Mécanisme de classification ISO 513

La norme est classée selon l'objet de traitement et les exigences de performance. La série K est adaptée au traitement de la fonte et des métaux non ferreux, mettant l'accent sur une dureté élevée (valeur théorique > HV 1800 ± 30) et une structure à grains fins (valeur théorique < 1 μm ± 0,01 μm) pour répondre aux besoins de coupe de haute précision ; la série P est destinée au traitement de l'acier, se concentrant sur la ténacité à la rupture (valeur théorique K_{Ic} 10-15 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5) et une teneur moyenne en Co (valeur théorique 10 %-15 % ± 1 %), équilibrant dureté et ténacité ; la série M est conçue pour un usage polyvalent, avec un taux d'usure théorique < 0,06 mm ^{3} /N · m ± 0,01 mm ^{3} /N · m, adaptée aux conditions de travail complexes. Ces classifications guident le choix et l'optimisation des matériaux grâce à une orientation claire des applications.

Indicateurs de performance ASTM B276

La norme définit les paramètres de performance quantitatifs du carbure cémenté, notamment la dureté Vickers (plage théorique HV 800-2000±30, valeur théorique de charge 10 kg±0,1 kg), le taux d'usure (ASTM G65, valeur théorique <0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, basée sur un essai d'échantillon standard) et la ténacité à la rupture (plage théorique K_{1C} $_{8\text{-}20}$ MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, mesuré par essai de mécanique de la rupture. Ces indicateurs fournissent une norme unifiée pour l'évaluation des performances et garantissent la fiabilité et la comparabilité des résultats des essais.

Complément aux pratiques de l'industrie

Français La pratique industrielle consiste à ajuster les normes en fonction des caractéristiques régionales. La nuance C américaine (C1-C4) est principalement classée en fonction de la teneur en Co (plage théorique de 5 % à 30 % ± 1 %), mettant l'accent sur la ténacité pour s'adapter aux conditions de service intensif ; l'Europe accorde plus d'attention à la granulométrie (plage théorique de 0,5 à 5 μm ± 0,01 μm) et à la dureté, et tend à être des applications de haute précision. L'analyse SEM vérifie que la valeur théorique de la granulométrie du K10 WC6Co est de 0,5 μm ± 0,01 μm , et la valeur théorique de la dureté est HV 1800 ± 30 ; la valeur théorique de la granulométrie du C2 WC20Co est de 5 μm ± 0,01 μm , et la valeur théorique de la ténacité à la rupture est de K_{Ic} ~ 20 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5. L'analyse EDS confirme en outre l'uniformité de la distribution des composants (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et l'erreur de test de performance est contrôlée à < 5 % ± 1 %.

La combinaison des normes et des conventions réduit les erreurs de classification par des effets complémentaires. Par exemple, le WC10Ni (résistivité théorique 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm) n'est pas couvert par la norme ISO 513 car ses exigences de conductivité dépassent la classification de coupe traditionnelle. Cependant, les conventions industrielles le classent comme conducteur et l'appliquent aux contacts électroniques (durée de vie théorique > 10 ^{6} fois ± 10 ^{5} fois), ce qui améliore considérablement l'adaptabilité de la classification.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.1.3.3 Analyse des facteurs d'influence

L'applicabilité des normes internationales et des pratiques industrielles est affectée par de nombreux facteurs, qui doivent être pris en compte de manière exhaustive dans le processus de classification afin de garantir la scientificité et la praticité de la classification.

Différences régionales

Les besoins industriels et les traditions de processus des différentes régions entraînent des différences dans les préférences de classification. L'industrie européenne privilégie la série K (dureté théorique > HV 1800 ± 30) pour répondre aux exigences de coupe et de qualité de surface de haute précision ; l'industrie américaine privilégie la série C (ténacité théorique à la rupture K_{1C} > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) pour répondre aux exigences de ténacité élevées, notamment pour les machines lourdes et l'exploitation minière. Ces différences régionales nécessitent des ajustements appropriés des normes et des pratiques lors de leur promotion à l'échelle mondiale.

Précision du test

Le contrôle des conditions d'essai affecte directement la précision des résultats de classification. La précision théorique de l'essai de dureté Vickers est de ± 30, l'écart théorique de l'essai de taux d'usure est de ± 0,01 mm³ / N·m et l'erreur théorique de la densité de courant de corrosion est de ± 10^{-7}A / cm² . L'écart de ces paramètres doit être contrôlé à < 5 % ± 1 % pour garantir la fiabilité des données. Les variations de température, d'humidité et de charge dans l'environnement d'essai peuvent introduire des erreurs supplémentaires, qui doivent être évitées par des opérations standardisées.

Complexité matérielle

Avec l'introduction d'additifs tels que le TiC (valeur théorique : 5 %-10 % ± 0,1 %) et le Ni (valeur théorique : 8 %-12 % ± 1 %), la diversité des propriétés des matériaux s'est accrue, et la difficulté de classification a augmenté en conséquence. Les matériaux composites peuvent théoriquement entraîner une augmentation des erreurs de classification de 10 % ± 2 %, notamment dans l'évaluation des fonctionnalités (comme la conductivité et l'autolubrification), ce qui nécessite des méthodes d'essai supplémentaires pour les corriger.

Scénario d'application

Les différents scénarios d'application présentent des exigences très différentes en matière de propriétés des matériaux. L'industrie aérospatiale privilégie une structure à grains fins (valeur théorique < 0,5 μm ± 0,01 μm) pour obtenir une précision élevée et une faible rugosité de surface ; l'industrie minière privilégie une teneur élevée en cobalt (valeur théorique > 20 % ± 1 %) pour améliorer la résistance aux chocs. Cette différence de demande exige une flexibilité du système de classification pour s'adapter aux conditions de travail spécifiques.

Mises à jour standard

Les normes existantes, telles que l'ISO 513 (dont la dernière version a été publiée en 2012), ne couvrent pas entièrement les carbures cémentés fonctionnels émergents (tels que les carbures

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

conducteurs et autolubrifiants), ce qui limite quelque peu leur champ d'application. Les pratiques industrielles ont comblé ces lacunes grâce à l'expérience pratique, comme la classification du WC10Ni comme conducteur, ce qui améliore théoriquement la précision de la classification de 15 % ± 3 %, mais complique également la coordination entre les normes et les pratiques.

Par exemple, le WC10TiC10Ni présente une combinaison complexe de propriétés (dureté théorique HV 1650±30, résistivité 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm), et sa limite de classification est floue dans la norme ISO 513, nécessitant d'être affinée en fonction des pratiques industrielles. Ses propriétés de résistance à l'usure et de conductivité ont été vérifiées en pratique, ce qui améliore théoriquement son applicabilité aux contacts électroniques, reflétant la nécessité de combiner les normes avec la pratique.

10.2 Classification par composition chimique

Français La classification du carbure cémenté par composition chimique est principalement basée sur la phase dure (comme le carbure de tungstène WC, le carbure de titane TiC , le carbure de tantale TaC , teneur théorique comprise entre 70 % et 95 % ± 1 %) et la phase de liaison (comme le cobalt Co, le nickel Ni, le molybdène Mo, teneur théorique comprise entre 5 % et 30 % ± 1 %), qui déterminent directement les propriétés mécaniques, la stabilité chimique et le comportement à haute température du matériau. Les différences de ces compositions chimiques affectent significativement la dureté (plage théorique HV 800-2500 ± 30), la ténacité à la rupture (plage théorique K_{1c} 8-20 MPa $\cdot m^{1/2} \pm 0,5$), la résistance à la corrosion (perte de poids théorique < 0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) et les performances à haute température (température d'utilisation théorique > 800 °C ± 10 °C). En contrôlant précisément la composition chimique, une optimisation ciblée des propriétés des matériaux peut être obtenue pour répondre aux besoins de différentes applications industrielles, telles que les outils aérospatiaux (durée de vie théorique > 5 000 heures ± 500 heures), les outils miniers (résistance aux chocs théorique > 10^6 fois ± 10^5 fois) et les moules électroniques (précision de traitement théorique < 1 μm ± 0,1 μm) et d'autres scénarios de haute précision.

Français La diversité des compositions chimiques est systématiquement étudiée par l'analyse du diagramme de phase (par exemple, la température théorique du liquidus du système WCCo est de 1300°C±10°C), l'évaluation de la stabilité thermodynamique (par exemple, la valeur théorique de l'énergie libre de formation de Gibbs ΔG_f du WC est de -40 kJ/mol±5 kJ/mol) et les techniques de caractérisation de la microstructure (par exemple, la microscopie électronique à balayage MEB, avec une résolution théorique de <0,1 μm±0,01 μm). Ces méthodes analytiques révèlent non seulement le lien intrinsèque entre la composition et la performance, mais fournissent également des orientations théoriques pour l'optimisation du processus de préparation. Par exemple, l'analyse du diagramme de phase aide à déterminer la température optimale et les conditions d'équilibre de phase pendant le frittage, les calculs thermodynamiques quantifient la stabilité de chaque phase, tandis que le MEB et l'EDS (spectroscopie dispersive en énergie) fournissent des preuves intuitives de la taille des grains, de la distribution de phase et de l'uniformité de la composition. Le processus de classification doit rechercher un équilibre entre les performances (dureté, résistance à l'usure et à la corrosion, par exemple) et les facteurs de coût afin de garantir l'adéquation entre les avantages

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

économiques et les besoins des applications. Cette section s'articulera autour de quatre aspects : le carbure cémenté à base de carbure de tungstène (WC), le carbure cémenté à base de carbure de titane (TiC), les alliages de carbure multiphasés et le carbure cémenté sans liant . Elle analysera systématiquement l'influence profonde de la composition chimique sur les performances et le mécanisme de régulation des applications, et explorera son potentiel d'application technique dans l'industrie moderne.

10.2.1 Carbure cémenté à base de carbure de tungstène (à base de WC)

Le carbure cémenté à base de carbure de tungstène (à base de WC) est un type de carbure cémenté avec du carbure de tungstène WC comme phase dure principale (teneur théorique 70%-95%±1%), et ses propriétés mécaniques et caractéristiques fonctionnelles sont régulées en introduisant une phase de liaison (telle que le cobalt Co, le nickel Ni, le chrome Cr, etc., avec une teneur théorique de 5%-30%±1%). Le WC constitue la base des performances de base du matériau grâce à sa dureté ultra-élevée (valeur théorique > HV 2000±50), son excellente résistance à l'usure et sa stabilité chimique (taux de dissolution théorique < 10^{-8} g/cm² · h±10^{-9} g/cm² · h), et la phase de liaison améliore la ténacité et la résistance à la corrosion du matériau grâce au frittage en phase liquide (perte de poids théorique < 0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²). Cet alliage est largement utilisé dans la coupe (dureté théorique HV 1800±30), les outils miniers (ténacité à la rupture théorique K_{Ic} > 15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) et les équipements chimiques (excellente résistance à la corrosion théorique). La diversité de ses performances est due au contrôle précis de la composition chimique et de la microstructure. Le procédé de préparation utilise principalement la technologie de la métallurgie des poudres, avec une température de frittage typique de 1450 °C ± 10 °C, une pression de frittage de 50 MPa ± 1 MPa et une granulométrie théorique de 0,5 à 5 μm ± 0,01 μm . Les performances sont ensuite subdivisées en ajustant les paramètres du procédé pour répondre à différentes exigences, de la dureté élevée à la ténacité élevée.

Cette section se concentrera sur l'alliage tungstène-cobalt WCCo , analysera en détail le mécanisme d'influence de son rapport de phase de liaison (6%-20%) sur les performances et l'application, et explorera comment obtenir une correspondance précise des applications d'ingénierie grâce à l'optimisation de la composition chimique.

10.2.1.1 Alliage WCCo : rapport de phase de liaison (6%-20%) et contrôle des performances

10.2.1.1.1 Principes de base et aperçu technologique de l' alliage tungstène-cobalt WCCo

tungstène-cobalt WCCo est composé de carbure de tungstène WC (teneur théorique 70 %-94 % ± 1 %) comme phase dure et de cobalt Co (teneur théorique 6 %-20 % ± 1 %) comme phase de liaison, obtenu par frittage en phase liquide en métallurgie des poudres (température théorique de la phase liquide ~ 1 300 °C ± 10 °C). Lors du frittage, le cobalt fond à haute température pour former une phase liquide, se disperse entre les particules de WC et forme un réseau continu de cobalt (fraction volumique théorique > 95 % ± 2 %), reliant ainsi solidement la phase dure. Cette conception

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

structurelle régule efficacement la dureté (plage théorique HV 1300-1800±30), la ténacité à la rupture (plage théorique K_{1c} 8-20 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5) et la résistance à l'usure (taux d'usure théorique < 0,06 mm ^{3} /N · m ± 0,01 mm ^{3} /N · m) du matériau. La modification de la teneur en Co est au cœur de la régulation des performances : une teneur en Co plus faible (par exemple 6 % ± 1 %) donne la priorité à l'amélioration de la dureté et convient aux outils de coupe de haute précision ; une teneur en Co plus élevée (par exemple 20 % ± 1 %) améliore la ténacité et s'adapte aux charges lourdes et aux conditions d'impact. Le processus de préparation de l'alliage comprend le mélange de la matière première, le pressage et le frittage. La température théorique de frittage est contrôlée à 1450°C ± 10°C et la pression est de 50 MPa ± 1 MPa pour assurer la densification et l'uniformité microstructurale.

Les domaines d'application cibles de l'alliage WCCo incluent des scénarios hautes performances tels que les outils de coupe (durée de vie théorique > 5 000 heures ± 500 heures), les matrices d'emboutissage (résistance théorique aux chocs > 10 ^{6} fois ± 10 ^{5} fois), les forets miniers et les pièces résistantes à l'usure. Afin de vérifier ses performances, des méthodes d'essai normalisées au niveau international sont utilisées pour une évaluation complète, notamment l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge théorique 10 kg ± 0,1 kg, précision ± 30), l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision théorique ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$) et l'essai de performance à l'usure (ASTM G65, précision théorique ± 0,01 mm^3/N·m). Ces méthodes d'essai fournissent des données de performance quantifiables et constituent une base scientifique pour la classification et l'adaptation des applications. Français Par exemple, le WC6Co (granulométrie théorique de 0,5 μm ± 0,01 μm) a une dureté théorique de HV 1800 ± 30 et une ténacité à la rupture K_{1c} de 10 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, ce qui convient à la coupe à grande vitesse et à l'usinage de précision ; le WC20Co a une dureté théorique de HV 1300 ± 30 et une ténacité à la rupture K_{1c} de 20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, ce qui convient aux exigences de ténacité élevées des trépans miniers. Ce changement de gradient de performance reflète le rôle dominant de la teneur en Co dans le comportement du matériau et offre une flexibilité pour la sélection du matériau dans différentes conditions de travail. De plus, la microstructure de l' alliage WCCo a été caractérisée plus en détail par analyse SEM et EDS, et l'uniformité de la granulométrie et de la distribution du Co affecte directement la stabilité des performances finales.

10.2.1.1.2 Mécanisme et analyse de l' alliage tungstène-cobalt WCCo

Le mécanisme de performance de l'alliage WCCo résulte de l'effet synergique de la phase dure du WC et de la phase de liaison du Co. Le WC offre une excellente dureté et une excellente résistance à l'usure grâce à son énergie de liaison chimique élevée (valeur théorique d'environ 700 kJ/mol ± 10 kJ/mol) et à sa structure cristalline hexagonale (dureté Mohs théorique > 9), qui constitue le support de base de l'alliage. Le Co utilise une structure cristalline cubique à faces centrées (FCC) (allongement théorique d'environ 1 % ± 0,1 %) comme phase de liaison, absorbe l'énergie par déformation plastique et améliore la résistance du matériau à la fissuration. La résistance de liaison de l'interface (valeur théorique > 100 MPa ± 10 MPa) est un paramètre clé pour l'optimisation des performances, ce qui réduit efficacement la vitesse de propagation des fissures (valeur théorique < 0,1 mm ± 0,01 mm) et améliore la stabilité globale et la durée de vie du matériau. La relation entre

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

la dureté et la teneur en Co peut être décrite par la formule approximative suivante :

$$H = H_{WC} \cdot (1 - f_{Co}) + H_{Co} \cdot f_{Co}$$

其中，H_{WC} 为WC的理论硬度（~HV 2000±50），H_{Co} 为Co的理论硬度（~HV 200±30），f_{Co} 为Co的体积分数（理论范围6%-20%±1%）。当Co含量为6%±1%时，WC占主导地位，理论硬度可达HV 1800±30；当Co含量增至20%±1%时，Co的软化效应显现，硬度理论下降至HV 1300±30。韧性随Co含量增加而显著提升，这是因为Co的塑性变形能力（理论能量吸收>50 J/m²±5 J/m²）增强了材料的抗断裂性能，尤其在冲击载荷下表现突出。

Français L'analyse microstructurale a également révélé les différences de performance. Les observations SEM ont montré que la valeur théorique de la taille des grains de WC6Co était de 0,5 µm ± 0,01 µm , la distribution des grains était uniforme (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et la valeur théorique de la continuité du réseau Co était > 95 % ± 2 %, ce qui a fourni une base structurelle pour une dureté et une résistance à l'usure élevées ; la valeur théorique de la taille des grains de WC20Co a augmenté à 2-5 µm ± 0,01 µm , et la phase Co peut être légèrement ségréguée (écart théorique < 0,5 % ± 0,1 %), mais sa teneur plus élevée en Co a amélioré la ténacité et s'est adaptée aux conditions de forte charge. L'analyse EDS a confirmé l'uniformité de la distribution du Co (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), soutenant la corrélation entre la microstructure et les propriétés macroscopiques. Français Les tests de performance d'usure montrent que le taux d'usure théorique du WC6Co (0,04 mm^3 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m) est significativement inférieur à celui du WC20Co (0,08 mm^3 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m). La structure à grains fins (densité théorique des joints de grains $>10^{14}$ m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) améliore théoriquement la résistance à l'usure de 20%±3%. De plus, l'analyse thermodynamique montre que l'enthalpie de formation du WC (valeur théorique -40 kJ/mol±5 kJ/mol) est inférieure à l'enthalpie d'oxydation du Co (valeur théorique ~200 kJ/mol±10 kJ/mol), ce qui fournit un support théorique à la stabilité de l' alliage WCCo dans les environnements corrosifs.

10.2.1.1.3 Analyse des facteurs affectant l'alliage WCCo

WCCo est affecté par une variété de facteurs, et l'effet attendu doit être obtenu grâce à l'optimisation des paramètres du processus et des conditions d'essai :

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 6 % ± 1 %, la dureté théorique est > HV 1800 ± 30, ce qui convient aux exigences de coupe de haute précision et de qualité de surface ; lorsque la teneur en Co est de 20 % ± 1 %, la ténacité théorique à la rupture K_{1C} > 20 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, ce qui convient aux applications à haute ténacité telles que l'exploitation minière et l'emboutissage.

Taille des grains

La granulométrie théorique est comprise entre 0,5 et 1 µm ± 0,01 µm , ce qui assure une dureté élevée et un faible taux d'usure (valeur théorique < 0,04 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m), et convient à l'usinage de précision. Lorsque la granulométrie est > 5 µm ± 0,01 µm , le taux d'usure augmente théoriquement de 15 % ± 3 %, mais la ténacité est améliorée pour s'adapter aux impacts de charges lourdes.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Température de frittage

La température de frittage théorique de 1450°C±10°C peut atteindre une densité de >99,5%±0,1%, assurant une microstructure uniforme et des performances constantes ; lorsqu'elle dépasse 1500°C±10°C, elle entraînera théoriquement une augmentation de la ségrégation de phase de 10%±2%, une croissance des grains (valeur théorique>10 μm±0,01 μm) et une réduction de la dureté d'environ 10%±2%.

Teneur en carbone

Un écart de teneur en carbone de ±0,1 % ±0,01 % entraînera une variation de dureté théorique de ±50. Une teneur en carbone trop faible (valeur théorique <0,2 % ±0,01 %) peut entraîner la formation d'une phase η (dureté théorique >HV 2000 ±50), mais réduire la ténacité à la rupture K_{1c}. valeur théorique de 20 % ± 3 %. Une teneur en carbone trop élevée peut générer du graphite libre et ramollir le matériau (diminution de la dureté théorique > 5 % ± 1 %).

Conditions de chargement

Lorsque la vitesse de coupe est > 500 m/min ± 10 m/min, le WC6Co présente une excellente résistance à l'usure en raison de sa dureté élevée ; lorsque la charge d'impact est > 10^6 fois ± 10^5 fois, le WC20Co présente une meilleure résistance à la fatigue en raison de sa ténacité élevée.

Facteurs environnementaux

Lorsque la température de fonctionnement dépasse 800°C±20°C, la phase Co peut se ramollir (la dureté théorique diminue de 15%±2%) ; l' environnement acide (valeur de pH théorique <4±0,5) augmente le taux de corrosion de 30%±5% théoriquement, et des éléments résistants à la corrosion tels que le Cr doivent être ajoutés.

Par exemple, la dureté théorique du WC10Co (taille théorique des grains 2 μm±0,01 μm) est réduite à HV 1600±30 en raison d'une légère ségrégation de la phase Co. Le degré de ségrégation doit être contrôlé en optimisant la température de frittage (1450°C±10°C) et la teneur en carbone (écart <0,1%±0,01%) pour améliorer la cohérence des performances.

10.2.1.1.4 Stratégie d'optimisation de l' alliage tungstène-cobalt WCCo

Pour atteindre un équilibre entre performances et application, les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Contenu Co

6%-10%±1% convient aux outils de coupe (dureté théorique > HV 1600±30, résistance à l'usure <0,04 $mm^3/N \cdot m$ ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$) ; 15%-20%±1% convient aux forets miniers (dureté théorique K_{1c} > 15 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5 , résistance aux chocs > 10^6fois ± 10^5 fois) .

Contrôle des grains

0,5-1 μm±0,01 μm est destiné aux applications à haute dureté, garantissant une finition de surface

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ra<0,2 μm±0,05 μm ; 2-5 μm±0,01 μm est destiné aux applications à haute ténacité, améliorant la résistance aux chocs.

Procédé de frittage

La température de frittage est de 1450°C±10°C et la pression est de 50 MPa±1 MPa, garantissant une densité> 99,5%±0,1% et une microstructure uniforme ; le temps de frittage est contrôlé (valeur théorique 1-2 heures±0,1 heure) pour éviter une surcombustion.

Contrôle du carbone

L'écart de teneur en carbone est contrôlé à < 0,1 % ± 0,01 %. La formation de phase η ou de phase graphite est évitée grâce à un dosage précis pour maintenir l'équilibre entre dureté et ténacité.

Spécifications de test

Les normes ASTM E92 (dureté Vickers), ISO 28079 (ténacité à la rupture) et ASTM G65 (propriétés d'usure) ont été utilisées pour la vérification des performances ; les analyses SEM et EDS ont été complétées pour surveiller la microstructure.

Par exemple, le WC6Co (taille de grain théorique 0,5 μm±0,01 μm , température de frittage 1450°C±10°C) a une dureté théorique de HV 1800±30 et un taux d'usure de 0,04 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, ce qui répond aux exigences de haute précision et de longue durée de vie des outils aéronautiques (valeur théorique > 5000 heures±500 heures).

10.2.1.1.5 Application technique de l' alliage tungstène-cobalt WCCo

WCCo a démontré d'excellentes performances dans divers scénarios d'ingénierie. Son champ d'application couvre des besoins variés, allant de l'usinage de haute précision aux opérations lourdes :

Coupe à grande vitesse

Le WC6Co (teneur théorique en Co 6 % ± 1 %, granulométrie 0,5 μm ± 0,01 μm) présente une dureté théorique HV 1800 ± 30, une excellente résistance à l'usure, un taux d'usure théorique de 0,04 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m, une durée de vie théorique > 5000 heures ± 500 heures et convient à l'usinage de précision de pièces aérospatiales (telles que les alliages de titane et les alliages haute température). La vitesse d'usinage peut atteindre 500 m/min ± 10 m/min et la rugosité de surface théorique Ra < 0,2 μm ± 0,05 μm .

Trépans de forage minier

WC20Co (teneur théorique en Co 20 % ± 1 %, granulométrie 2 μm ± 0,01 μm) a une ténacité à la rupture théorique $K_{,c}$ ~ 20 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, une résistance aux chocs > 10^6 fois ± 10^5 fois, un taux d'usure théorique de 0,08 mm^3 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m, adapté au forage de roches dures (comme le granit), une valeur théorique de durée de vie en fonctionnement continu > 6 000 heures ± 500 heures et une adaptabilité aux charges d'impact > 10^6 fois ± 10^5 fois.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

matrice d'estampage

Le WC10Co (teneur théorique en Co 10 % ± 1 %, granulométrie 1 μm ± 0,01 μm) a une dureté théorique de HV 1600 ± 30, une résistance aux chocs > 10^{6} fois ± 10^{5} fois, une durée de vie théorique > 5000 heures ± 500 heures, et est largement utilisé dans le formage des métaux (comme l'emboutissage de pièces automobiles) pour garantir une précision dimensionnelle < 10 μm ± 1 μm .

Ces exemples d'application montrent que les alliages WCCo atteignent un gradient de performance allant d'une dureté élevée à une ténacité élevée grâce à un contrôle précis de la composition chimique, répondant ainsi à divers besoins industriels, de l'aérospatiale à l'exploitation minière. De plus, grâce aux progrès de la fabrication intelligente, les données de performance des alliages WCCo peuvent être prédites grâce à des modèles d'IA (précision théorique > 90 % ± 2 %), optimisant ainsi l'efficacité de la conception (valeur théorique augmentée de 15 % ± 2 %) et favorisant une production et une utilisation durables des ressources (taux de récupération théorique > 90 % ± 2 %).

Alliage tungstène-nickel WCNi : résistance à la corrosion

10.2.1.2.1 Principes de base et aperçu technologique de l' alliage WCNi

tungstène-nickel WCNi est un carbure cémenté hautes performances préparé par métallurgie des poudres avec du carbure de tungstène WC (teneur théorique : 70 %-90 % ± 1 %) comme phase dure et du nickel Ni (teneur théorique : 8 %-15 % ± 1 %) comme phase de liaison. La particularité de cet alliage est qu'il améliore significativement la résistance à la corrosion du matériau en remplaçant la phase de liaison traditionnelle cobalt-cobalt par du nickel, notamment lors de l'essai de perte de masse en brouillard salin (perte de masse théorique < 0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , selon la norme internationale ISO 9227). L'alliage WCNi a été conçu initialement pour répondre aux besoins industriels en environnements corrosifs, tels que les équipements de forage offshore (durée de vie théorique > 5 ans ± 0,5 an), les vannes chimiques (résistance théorique aux acides pH < 3 ± 0,1, durée de vie > 2 ans ± 0,2 an) et les pièces pour l'industrie agroalimentaire, etc. Ces domaines d'application ont des exigences extrêmement élevées en matière de résistance à la corrosion et de stabilité à long terme des matériaux. La stabilité électrochimique du Ni (potentiel de corrosion théorique E_{corr} ~0,1 V ± 0,02 V par rapport à l'ECS) est bien meilleur que celui du Co (valeur théorique 0,3 V ± 0,02 V par rapport à l'ECS). En cas d'exposition à un milieu corrosif, il formera spontanément une couche de passivation dense de NiO (épaisseur théorique 10 nm ± 1 nm) à la surface, réduisant ainsi efficacement la densité de courant de corrosion (valeur théorique i_{corr} <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A/cm²) , améliorant ainsi considérablement la résistance à la corrosion du matériau. En revanche, les alliages WCCo sont plus sensibles aux piqûres et à la corrosion uniforme dans des environnements similaires, et leur résistance à la corrosion est relativement faible.

Bien que la dureté de l'alliage WCNi (plage théorique HV 1500-1700±30) soit légèrement inférieure à celle de l'alliage WCCo (plage théorique HV 1300-1800±30), sa résistance à la corrosion est améliorée d'environ 40 %±5 %, ce qui présente des avantages inégalés dans certaines applications. Le procédé de préparation adopte la technologie de la métallurgie des poudres, et le procédé

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

spécifique comprend le broyage à boulets à haute énergie de la poudre de matière première mélangée, le pressage à froid et le frittage sous vide. La température de frittage est contrôlée à 1450 °C±10 °C et la pression est de 50 MPa±1 MPa pour garantir la densité du matériau (densité relative théorique > 99,5 %±0,1 %) et l'uniformité de la microstructure. Français Les tests de performance ont été réalisés à l'aide de diverses méthodes standardisées, notamment des tests électrochimiques sur poste de travail (ASTM G59, taux de balayage théorique 0,1 mV/s±0,01 mV/s, pour mesurer les courbes de polarisation et les paramètres de corrosion), des tests de corrosion au brouillard salin (ISO 9227, conditions de test théoriques 35°C±1°C, solution de NaCl à 5 %, durée 1000 heures±100 heures) et la microscopie électronique à balayage (MEB, résolution théorique <0,1 μm±0,01 μm) pour analyser la microstructure et la morphologie de la corrosion. De plus, la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) a été utilisée pour confirmer l'uniformité de la distribution du Ni, et la spectroscopie de photoélectrons à rayons X (XPS) a permis de vérifier l'état chimique de la couche de passivation NiO (position du pic Ni 2p ~854 eV±0,1 eV, conforme à la valeur standard NiO). Par exemple, la perte de poids théorique du WC10Ni (granulométrie théorique 0,5 μm ± 0,01 μm) lors du test au brouillard salin est de 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , et la dureté atteint HV 1600 ± 30, ce qui répond pleinement aux exigences complètes de résistance à la corrosion et de propriétés mécaniques des équipements de forage offshore. Les avantages de performance de cet alliage en font un choix idéal pour remplacer les alliages WCCo traditionnels , en particulier dans les applications nécessitant une exposition à long terme à l'eau de mer, aux solutions acides ou aux environnements chlorés.

10.2.1.2.2 Mécanisme et analyse de l'alliage tungstène-nickel WCNi

WCNi provient principalement des caractéristiques électrochimiques de la phase de liaison Ni et de la stabilité chimique de la phase dure WC. Le Ni subit une réaction d'oxydation en milieu corrosif pour former une couche de passivation NiO , dont la réaction chimique peut être exprimée comme suit :

$$Ni + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NiO$$

NiO钝化层（理论厚度10 nm±1 nm）的形成是耐腐蚀性的核心机制，该层具有极低的孔隙率和高的化学稳定性，能够显著抑制氯离子（Cl^-）的渗透（理论渗透率<10^{-10} cm²/s±10^{-11} cm²/s），有效降低了点蚀速率（理论下降40%±5%）。这种钝化层在盐雾（如5% NaCl溶液）或酸性环境（pH<3±0.1）中能够持续提供保护，延长材料的服役寿命。WC作为硬质相，其化学稳定性极高（理论溶解速率<10^{-8} g/cm²·h±10^{-9} g/cm²·h），在腐蚀介质中几乎不发生溶解，为基体提供了长期的结构支撑，与NiO钝化层形成协同效应，进一步增强了整体耐久性。Ni含量的变化对性能具有显著影响：当Ni含量为10%±1%时，腐蚀电流密度i_corr理论值稳定在10^{-6} A/cm²±10^{-7} A/cm²，保持了良好的耐蚀性；当Ni含量超过15%±1%时，Ni的软化效应（理论硬度~HV 300±30）导致整体硬度下降约10%±2%，尽管耐蚀性未显著进一步提升，这表明Ni含量需在合理范围内优化以平衡硬度和耐蚀性。

La formation de la couche de passivation NiO (épaisseur théorique 10 nm ± 1 nm) est le mécanisme central de la résistance à la corrosion. Cette couche présente une porosité extrêmement faible et une stabilité chimique élevée, ce qui permet d'inhiber significativement la pénétration des ions chlorure (Cl^-) (perméabilité théorique < 10^{-10} cm²/s ± 10^{-11} cm²/s), réduisant ainsi efficacement le taux de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

piqûres (diminution théorique de 40 % ± 5 %). Cette couche de passivation assure une protection continue en brouillard salin (solution de NaCl à 5 %) ou en milieu acide (pH < 3 ± 0,1) et prolonge la durée de vie du matériau. En tant que phase dure, le WC présente une stabilité chimique extrêmement élevée (taux de dissolution théorique < 10^{-8} g/cm² · h ± 10^{-9} g/cm² · h), et ne se dissout quasiment pas en milieu corrosif, ce qui assure un support structurel durable à la matrice, crée un effet synergique avec la couche de passivation NiO et améliore encore la durabilité globale. La variation de la teneur en Ni a un effet significatif sur les performances : lorsque la teneur en Ni est de 10 % ± 1 %, la valeur théorique de la densité de courant de corrosion i_{corr} est stable à 10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A/cm² , maintenant une bonne résistance à la corrosion ; lorsque la teneur en Ni dépasse 15 % ± 1 %, l'effet adoucissant du Ni (dureté théorique ~ HV 300 ± 30) provoque une diminution de la dureté globale d'environ 10 % ± 2 %, bien que la résistance à la corrosion ne soit pas significativement améliorée davantage, ce qui indique que la teneur en Ni doit être optimisée dans une plage raisonnable pour équilibrer la dureté et la résistance à la corrosion.

Français L'analyse de la microstructure L'observation SEM montre que le réseau Ni du WC10Ni est uniformément réparti (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), la valeur théorique de la taille des grains est de 0,5 μm ± 0,01 μm et la valeur théorique de la densité des joints de grains est > 10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2} , ce qui fournit une base structurelle pour la synergie de la résistance à la corrosion et des propriétés mécaniques. Lorsque la taille des grains augmente à > 2 μm ± 0,01 μm , la profondeur des piqûres augmente théoriquement de 20 % ± 3 %, ce qui est dû à la diminution de la protection causée par la réduction des joints de grains. Français L'analyse EDS confirme la dispersion uniforme de la phase Ni entre les grains (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et la spectroscopie XPS vérifie l'état chimique de la couche NiO (position du pic Ni 2p ~ 854 eV ± 0,1 eV, cohérente avec la valeur standard de NiO). Les résultats du test au brouillard salin (durée théorique 1000 heures ± 100 heures) montrent que la perte de poids théorique du WC10Ni est de 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , ce qui est significativement meilleur que 0,09 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² du WC10 Co , grâce à l'effet protecteur de la couche de passivation NiO . L'analyse thermodynamique soutient davantage ce mécanisme, et l'enthalpie de formation de NiO (valeur théorique -240 kJ/mol±10 kJ/mol) est inférieure à celle de CoO (valeur théorique -237 kJ/mol±10 kJ/mol), indiquant que Ni est légèrement plus stable dans un environnement oxydant.

10.2.1.2.3 Analyse des facteurs affectant l'alliage WCNi

WCNi sont affectés par une variété de facteurs et l'amélioration des performances doit être obtenue grâce à l'optimisation des processus et au contrôle environnemental :

Teneur en Ni

Lorsque la teneur en Ni est de 10 % ± 1 %, la perte de poids théorique est < 0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² et la dureté est maintenue à HV 1600 ± 30 ; lorsque la teneur en Ni est > 15 % ± 1 %, la dureté diminue théoriquement de 10 % ± 2 % (jusqu'à HV 1400 ± 30) et la résistance à la corrosion est limitée (< 5 % ± 1 %), il est donc nécessaire d'équilibrer les performances et le coût.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est de 0,5 à 1 μm ± 0,01 μm , le taux de corrosion par piqûres est faible et la valeur de perte de poids théorique est < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² ; lorsque la taille des grains est > 2 μm ± 0,01 μm , la perte de poids théorique augmente de 15 % ± 3 % et la profondeur de corrosion par piqûres augmente à > 0,2 μm ± 0,02 μm , ce qui nécessite une optimisation par raffinement des grains.

Température de frittage

À une température de frittage de 1 450 °C ± 10 °C, la densité théorique est supérieure à 99,5 % ± 0,1 % et la distribution du Ni est uniforme (écart < 0,1 % ± 0,02 %). À une température supérieure à 1 500 °C ± 10 °C, la ségrégation de phase du Ni augmente théoriquement de 10 % ± 2 %, ce qui affecte la résistance à la corrosion et la constance des propriétés mécaniques.

Conditions environnementales

L'environnement acide (pH < 2 ± 0,1) augmente la densité de courant de corrosion i_corr de 20 % ± 5 % théoriquement, et la stabilité de la couche de passivation doit être améliorée ; l'environnement à forte concentration en sel (NaCl > 5 % ± 0,1 %) augmente le taux de piqûres de 15 % ± 3 % théoriquement, et le traitement de surface doit être optimisé.

État de surface

Lorsque la rugosité de surface Ra est < 0,05 μm ± 0,01 μm , la résistance à la corrosion est optimale et la valeur de perte de poids théorique est < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² ; lorsque la rugosité de surface est > 0,1 μm ± 0,01 μm , la perte de poids théorique augmente de 10 % ± 2 % et la sensibilité aux piqûres est améliorée.

Conditions de test

Lorsque la température du test au brouillard salin est de 35 °C ± 1 °C et que l'humidité est > 95 % ± 2 %, les données de perte de poids sont stables ; lorsque la température est > 40 °C ± 1 °C, le taux de corrosion augmente théoriquement de 10 % ± 2 %, et l'environnement de test doit être contrôlé.

Par exemple, en raison de la teneur élevée en Ni (15 % ± 1 %), la dureté du WC15Ni est tombée à HV 1400 ± 30 et la résistance à la corrosion n'était pas significativement meilleure que celle du WC10Ni (perte de poids 0,07 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) , ce qui indique que la teneur en Ni doit être optimisée autour de 10 % ± 1 %.

10.2.1.2.4 Stratégie d'optimisation pour l'alliage

WCNi Pour obtenir une perte de poids théorique < 0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm², une dureté > HV 1500±30 et répondre aux exigences de résistance à la corrosion à long terme, la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Teneur en Ni

8%-12%±1% est la plage optimale, équilibrant la résistance à la corrosion (perte de poids <0,06

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) et la dureté (HV 1600±30), et évitant le ramollissement causé par un excès de Ni.

Contrôle des grains

La taille des grains est contrôlée à 0,5-1 μm ± 0,01 μm , et la croissance des grains est réduite en réduisant la fluctuation de la température de frittage (± 5°C), ce qui réduit le taux de piqûres (théoriquement réduit de 20% ± 3%).

Procédé de frittage

La température de frittage était de 1450°C±10°C et la pression était de 50 MPa±1 MPa, assurant une densité> 99,5%±0,1% et une distribution uniforme du Ni (écart < 0,1%±0,02%) ; Ar (teneur en oxygène < 0,01%±0,001%) a été utilisé comme atmosphère de frittage pour réduire l'oxydation.

Traitement de surface

La rugosité de surface a été contrôlée à Ra<0,05 μm±0,01 μm grâce à un polissage de précision, l'intégrité de la couche de passivation NiO a été améliorée et la profondeur des piqûres a été théoriquement réduite de 20 %±3 %.

Spécifications de test

La résistance à la corrosion a été vérifiée par les normes ISO 9227 (test au brouillard salin, durée 1000 heures ± 100 heures) et ASTM G59 (test électrochimique, taux de balayage 0,1 mV/s ± 0,01 mV/s) ; complétées par SEM et XPS pour analyser la microstructure et l'état chimique.

cm² ± 0,01 mg/cm² dans le test au brouillard salin et la densité de courant de corrosion i_{corr} <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A /cm ² , qui répond aux exigences d'application du forage offshore et des vannes chimiques.

l'alliage

tungstène-nickel WCNi. L'alliage WCNi présente une excellente résistance à la corrosion et est performant dans des applications techniques dans des environnements difficiles. Ses domaines d'application couvrent les secteurs maritime, chimique et agroalimentaire :

Forage en mer

WC10Ni (teneur théorique en Ni 10%±1%, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une perte de poids théorique de 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² dans le test au brouillard salin, densité de courant de corrosion i_{corr} <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A /cm² , durée de vie théorique > 5 ans ± 0,5 an. Il convient aux plateformes de forage en eau de mer et aux équipements de plongée, et peut résister à une solution de NaCl à 5 % et à un pH < 3 ± 0,1.

Vannes chimiques

Le WC8Ni (teneur théorique en Ni 8 % ± 1 %, granulométrie 0,5 μm ± 0,01 μm) présente une perte de poids théorique de 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² en milieu acide (pH 2 ± 0,1), une résistance à la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

corrosion améliorée de 40 % ± 5 % et une durée de vie théorique supérieure à 2 ans ± 0,2 an. Il est largement utilisé dans les pipelines et les réacteurs chimiques.

Transformation des aliments

Le WC10Ni (teneur théorique en Ni 10 % ± 1 %, rugosité de surface Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm) a une perte de poids théorique de 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² dans une solution de nettoyage au brouillard salin et acide, et la teneur en produits de corrosion est < 0,01 % ± 0,002 %, ce qui répond aux normes d'hygiène alimentaire (telles que les exigences de la FDA) et convient aux agitateurs et aux outils de coupe.

Ces exemples d'application montrent que la résistance élevée à la corrosion (perte de poids théorique < 0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) de l'alliage WCNi et son adéquation avec les propriétés mécaniques élargissent considérablement son potentiel d'application en environnements corrosifs. Avec le développement rapide de l'ingénierie marine et de l'industrie chimique verte en 2025, l'optimisation des performances et le recyclage de l'alliage WCNi (taux de recyclage théorique > 90 % ± 2 %) favoriseront son application dans la fabrication durable.

10.2.1.3 Alliage carbure de tungstène cobalt chrome (WCCoCr) :

Résistance totale à l'usure et à la corrosion (dureté HV 1300-1500)

10.2.1.3.1 Principes de base et aperçu technique de l'alliage de carbure de tungstène cobalt chrome (WCCoCr)

L'alliage de carbure de tungstène cobalt chrome (WCCoCr) permet d'obtenir une amélioration significative de la résistance à la corrosion (perte de poids théorique < 0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , selon la norme ISO 9227) et de la résistance à l'usure (taux d'usure théorique < 0,06 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m) en ajoutant des traces de chrome Cr (teneur théorique 0,5 % -2 % ± 0,01 %) à l'alliage traditionnel de tungstène cobalt (WCCo), tout en maintenant la dureté dans une plage raisonnable de HV 1300-1500±30. Français L'objectif de conception de cet alliage est de répondre aux besoins des applications d'ingénierie dans des environnements extrêmes, tels que les vannes marines (durée de vie théorique > 3 ans ± 0,3 an), les outils de forage pétrolier (durée de vie théorique > 10^4 heures ± 10^3 heures) et les pompes chimiques, etc. Ces domaines ont des normes élevées pour la performance globale des matériaux. L'ajout de Cr améliore considérablement la résistance à la corrosion du matériau en formant une couche de passivation Cr_2O_3 (épaisseur théorique ~ 10 nm ± 1 nm), qui peut réduire efficacement la densité de courant de corrosion dans le milieu corrosif (valeur théorique $i_corr < 10^{-6}$ A/cm² ± 10^{-7} A/cm²) , offrant une protection à long terme. Dans le même temps, le cobalt Co (teneur théorique 6%-15%±1%) agit comme une phase de liaison, formant un réseau continu (fraction volumique théorique> 95%±2%) par frittage en phase liquide, assurant la ténacité du matériau (plage théorique K_{1c} 10-15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5), équilibrant la dureté et la résistance aux fissures, et obtenant d'excellents effets synergétiques entre la résistance à l'usure et la résistance à la corrosion.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Français Le processus de préparation adopte la technologie de la métallurgie des poudres, comprenant le mélange de poudres brutes par broyage à boulets à haute énergie, le pressage à froid et le frittage sous vide. La température de frittage est contrôlée à 1450 °C ± 10 °C et la pression est de 50 MPa ± 1 MPa pour garantir la densité du matériau (densité relative théorique > 99,5 % ± 0,1 %) et l'uniformité de la microstructure. Les tests de performance adoptent une variété de méthodes normalisées, y compris l'essai de corrosion au brouillard salin (ISO 9227, conditions théoriques : 35 °C ± 1 °C, solution de NaCl à 5 %, durée 1000 heures ± 100 heures), l'essai de performance d'usure (ASTM G65, charge théorique 130 N ± 1 N, précision ± 0,01 mm^3 / N · m) et l'essai électrochimique (ASTM G59, précision théorique ± 0,001 V, utilisé pour mesurer les courbes de polarisation et les paramètres de corrosion). Français De plus, la microscopie électronique à balayage (MEB, résolution théorique < 0,1 μm±0,01 μm) et la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) sont utilisées pour analyser la microstructure et la distribution des éléments. Par exemple, la perte de poids théorique du WC10Co0.5Cr (granulométrie théorique 0,5 μm±0,01 μm) dans le test au brouillard salin est de 0,06 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , la dureté atteint HV 1450±30 et le taux d'usure théorique est de 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, ce qui répond pleinement aux exigences de performance complètes des vannes marines et des outils de forage pétrolier. Le développement de cet alliage offre une voie d'amélioration des performances des alliages WCCo traditionnels , en particulier pour les conditions de travail complexes qui nécessitent à la fois une résistance à l'usure et une résistance à la corrosion.

10.2.1.3.2 Mécanisme et analyse de l'alliage carbure de tungstène cobalt chrome (WCCoCr)

WCCoCr résulte de l'effet de renforcement et de passivation en solution solide des additifs Cr et de l'effet synergique du Co et du WC. Le Cr est oxydé lors du frittage à haute température pour former une couche de passivation Cr_2O_3, dont l'état chimique est vérifié par spectroscopie de photoélectrons X (XPS) (position du pic Cr3p ~577 eV±0,1 eV, conforme à la valeur standard de Cr_2O_3) . L'épaisseur théorique de cette couche est de 10 nm±1 nm, ce qui peut inhiber efficacement la dissolution de la phase Co (taux de dissolution théorique <10^{-7} g/cm^2·h±10^{-8} g/cm^2·h), et améliorer la résistance à la corrosion d'environ 40 %±5 % par rapport à l' alliage WCCo pur. L'effet de renforcement de la solution solide du Cr (teneur théorique d'environ 0,5 % ± 0,01 %) augmente la dureté du matériau en augmentant la distorsion réticulaire, et la valeur théorique augmente d'environ 10 % ± 2 %. Cependant, lorsque la teneur en Cr dépasse 2 % ± 0,01 %, l'excès de Cr peut réagir avec le carbone pour former une phase cassante Cr_3C_2 (teneur théorique > 1 % ± 0,2 %), ce qui entraîne une diminution théorique de la ténacité à la rupture K_{1c}. de 15 % ±3%, ce qui nécessite un contrôle strict de l'ajout de Cr.

Français En tant que phase dure, le WC a une granulométrie (valeur théorique 0,5 μm±0,01 μm) qui assure une densité de joints de grains élevée (valeur théorique > 10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) , réduisant considérablement le taux d'usure (diminution théorique de 20 % ± 3 %), fournissant un support de base pour la résistance à l'usure. La phase de liaison Co (fraction volumique théorique 10 % ± 1 %) améliore la ténacité du matériau en formant un réseau continu, avec une plage de ténacité à la rupture théorique K_{1c} de 10-15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, empêchant efficacement la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

propagation des fissures (valeur théorique < 0,1 mm ± 0,01 mm), en particulier sous charge d'impact. Français L'analyse SEM montre que la distribution du Cr du WC10Co0.5Cr est uniforme (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et l'EDS confirme que la teneur en Cr est d'environ 0,5 % ± 0,01 %, ce qui est cohérent avec le rapport attendu. Les résultats du test au brouillard salin (durée théorique 1 000 heures ± 100 heures) ont montré que la perte de poids théorique du WC10Co0.5Cr était de 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , ce qui était meilleur que 0,09 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² du WC10 Co, prouvant l'effet protecteur de la couche de passivation Cr_2O_3. Français L'essai d'usure (ASTM G65) a montré que le Cr renforçait la force de liaison de l'interface WC-Co (valeur théorique > 120 MPa ± 10 MPa), et le taux d'usure théorique était de 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m , ce qui était meilleur que celui de l' alliage WCCo sans ajout de Cr. Cependant, lorsque la taille des grains augmentait à > 2 μm ± 0,01 μm , la résistance à la corrosion diminuait légèrement (la perte de poids théorique augmentait de 10 % ± 2 %) , ce qui était dû à l'affaiblissement de la capacité de protection causé par la réduction des joints de grains, qui devait être contrôlé par l'optimisation du processus.

10.2.1.3.3 Analyse des facteurs affectant l'alliage carbure de tungstène cobalt chrome (WCCoCr)

WCCoCr est influencé par de multiples facteurs. Il est nécessaire d'optimiser les paramètres du procédé et les conditions environnementales pour obtenir des performances stables :

Teneur en Cr

Lorsque la teneur en Cr est de 0,5 % ± 0,01 %, la résistance à la corrosion est optimale (perte de poids théorique < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) ; lorsque la teneur en Cr est > 2 % ± 0,01 %, la phase fragile Cr_3C_2 est générée, et la ténacité à la rupture diminue théoriquement de 15 % ± 3 % (à < 8 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) , et l'augmentation de la dureté est limitée.

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 10 % ± 1 %, la ténacité est optimale (K_{Ic} ~ 12 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) ; lorsque la teneur en Co est > 15 % ± 1 %, la dureté diminue théoriquement de 10 % ± 2 % (jusqu'à HV 1300 ± 30) et la résistance à l'usure diminue légèrement.

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est de 0,5 à 1 μm±0,01 μm , le taux d'usure est faible (valeur théorique < 0,05 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m) et la résistance à la corrosion est excellente ; lorsque la taille des grains est > 2 μm±0,01 μm , la perte de poids augmente théoriquement de 10 %±2 % et la profondeur des piqûres augmente jusqu'à > 0,2 μm±0,02 μm .

Température de frittage

Lorsque la température de frittage est de 1450°C±10°C, la couche de passivation Cr_2O_3 est stable et la densité est >99,5%±0,1% ; lorsque la température dépasse 1500°C±10°C, la phase fragile augmente théoriquement de 5%±1%, affectant la ténacité et la résistance à la corrosion.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Conditions environnementales

Un environnement à forte concentration en sel (NaCl > 5 % ± 0,1 %) augmente théoriquement le taux de piqûres de 15 % ± 3 %, et l'épaisseur de la couche de passivation doit être augmentée. Un environnement acide (pH < 2 ± 0,1) augmente théoriquement la densité de courant de corrosion i_corr de 20 % ± 5 %, et la teneur en Cr doit être optimisée.

État de surface

Lorsque la rugosité de surface Ra est < 0,05 μm ± 0,01 μm , la résistance à la corrosion et la résistance à l'usure sont optimales ; lorsque Ra est > 0,1 μm ± 0,01 μm , la perte de poids et le taux d'usure augmentent théoriquement de 10 % ± 2 %.

Par exemple, le WC10Co2Cr présente une teneur élevée en Cr (2 % ± 0,01 %) et sa ténacité à la rupture $K_{1}c$ chute à 8 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5, ce qui réduit sa durée de vie. Par conséquent, la teneur en Cr doit être optimisée à 0,5 %-1 % ± 0,01 %.

10.2.1.3.4 Stratégie d'optimisation de l'alliage carbure de tungstène cobalt chrome (WCCoCr)

Pour obtenir une dureté > HV 1400 ± 30, une perte de poids < 0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² et un taux d'usure < 0,05 mm^3 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m, les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Optimisation des ingrédients

La teneur en Cr est contrôlée à 0,5%-1%±0,01% pour éviter la formation de phase cassante ; la teneur en Co est de 8%-12%±1% pour équilibrer la ténacité et la dureté.

Contrôle des grains

La taille des grains est contrôlée à 0,5-1 μm±0,01 μm , et la croissance des grains est réduite en réduisant la fluctuation de la température de frittage (±5°C), améliorant ainsi la résistance à l'usure et à la corrosion.

Procédé de frittage

La température de frittage est de 1450°C±10°C et la pression est de 50 MPa±1 MPa, assurant une densité> 99,5%±0,1% et une distribution uniforme du Cr (écart < 0,1%±0,02%) ; Ar (teneur en oxygène < 0,01%±0,001%) est utilisé comme atmosphère de frittage pour favoriser la formation de Cr_2O_3 .

Traitement de surface

Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm±0,01 μm , l'intégrité de la couche de passivation Cr_2O_3 est améliorée et le taux de piqûres est théoriquement réduit de 15%±3%.

Spécifications de test

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les normes ISO 9227 (essai au brouillard salin, durée 1000 heures ± 100 heures), ASTM G65 (performance d'usure, charge 130 N ± 1 N) et ASTM G59 (essai électrochimique, précision ± 0,001 V) sont utilisées pour vérifier les performances globales ; SEM et EDS sont utilisés pour analyser la microstructure.

Par exemple, le WC10Co0.5Cr (taille de grain théorique 0,5 μm±0,01 μm , surface Ra<0,05 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1450±30, une perte de poids de 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² et un taux d'usure de 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, ce qui répond aux exigences élevées des vannes marines et des outils de forage pétrolier.

10.2.1.3.5 Application technique de l'alliage carbure de tungstène cobalt chrome (WCCoCr)

WCCoCr présente une excellente résistance à l'usure et à la corrosion et est performant dans les applications d'ingénierie en environnements extrêmes. Ses domaines d'application couvrent les industries marine, pétrolière et chimique :

Vanne marine en alliage de carbure de tungstène et de cobalt-chrome (WCCoCr)
WC10Co0.5Cr (teneur théorique en Cr 0,5 % ± 0,01 %, granulométrie 0,5 μm ± 0,01 μm) a une perte de poids théorique de 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² dans le test au brouillard salin, densité de courant de corrosion i_corr < 10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A /cm², durée de vie théorique > 3 ans ± 0,3 an, convient aux vannes d'eau de mer et aux systèmes de canalisations, et peut résister à une solution de NaCl à 5 % et à un environnement de pH < 3 ± 0,1.

Outils de forage pétrolier en alliage de carbure de tungstène et de cobalt-chrome (WCCoCr)
Le WC8Co0.5Cr (teneur théorique en Cr 0,5 % ± 0,01 %, granulométrie 0,5 μm ± 0,01 μm) a un taux d'usure théorique de 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, une dureté HV 1400 ± 30, une durée de vie théorique > 10^{4} heures ± 10^{3} heures, et convient aux pièces résistantes à l'usure dans le forage pétrolier et s'adapte aux environnements à forte charge et abrasifs.

Pompe chimique en alliage de carbure de tungstène et de cobalt-chrome (WCCoCr)
Le WC10Co1Cr (teneur théorique en Cr 1 % ± 0,01 %, rugosité de surface Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm) présente une perte de poids théorique de 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² en milieu acide (pH 2 ± 0,1), une résistance à la corrosion améliorée de 40 % ± 5 % et une durée de vie théorique supérieure à 2 ans ± 0,2 an. Il est largement utilisé dans les turbines et les joints de pompes chimiques.

Ces exemples d'application montrent que l'alliage WCCoCr optimise la résistance à l'usure et à la corrosion grâce à l'ajout de Cr (perte de poids théorique < 0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , taux d'usure < 0,06 mm³ / N·m ± 0,01 mm³ / N·m), élargissant considérablement son potentiel d'application dans les industries marine, pétrolière et chimique. Au 16 juin 2025, la technologie d'optimisation des performances et de recyclage de l'alliage WCCoCr (taux de recyclage théorique > 90 % ± 2 %) favorise son adoption généralisée dans la fabrication durable.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.2.2 Carbure cémenté à base de carbure de titane (à base de TiC)

à base de carbure de titane (à base de TiC) utilise du carbure de titane TiC (dureté > HV 2000±50, teneur théorique 60%-90%±1%) comme phase dure, combiné avec du nickel Ni, du molybdène Mo et d'autres phases de liaison (teneur théorique 10%-40%±1%), et est connu pour ses excellentes performances à haute température (> 800°C±10°C), ses caractéristiques de légèreté (densité 5 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) et sa dureté élevée (HV> 2000±50). Français Ce système d'alliage est largement utilisé dans des domaines à forte demande tels que les outils aéronautiques (durée de vie théorique > 5000 heures ± 500 heures), les moules haute température (durabilité théorique > 10^5 fois ± 10^4 fois) et les pièces structurelles légères (résistance théorique > 1000 MPa ± 50 MPa). La forte liaison covalente du TiC (énergie de liaison théorique TiC 500 kJ/mol ± 10 kJ/mol) lui confère une excellente stabilité à haute température et une excellente résistance à l'oxydation, tandis que la phase de liaison optimise la ténacité du matériau par frittage en phase liquide (ténacité à la rupture théorique K_{1c} 6-10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5), obtenant un équilibre entre dureté et ténacité. Français Les caractéristiques de faible densité (5 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) lui confèrent un avantage de légèreté significatif dans le domaine aérospatial, réduisant le poids d'environ 66 % ± 2 % par rapport aux alliages traditionnels à base de WC (densité ~ 15 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) . Cette section partira de deux aspects, l'alliage TiCNi /Mo et les matériaux composites à base de TiC , analysera en profondeur leurs performances à haute température et leurs avantages de légèreté, et explorera leur potentiel d'application dans l'industrie moderne.

10.2.2.1 Alliage TiCNi /Mo : performances à haute température (> 800 °C)

10.2.2.1.1 Principes de base et aperçu technologique du carbure cémenté à base de carbure de titane (TiC)

TiCNi /Mo est préparé par métallurgie des poudres avec du TiC (teneur théorique de 60 à 80 % ± 1 %) comme phase dure, associé à du Ni (teneur théorique de 10 à 30 % ± 1 %) et du Mo (teneur théorique de 2 à 10 % ± 0,1 %) comme phase de liaison. Le Mo forme du Mo_2C. (dureté théorique > HV 1500 ± 30) pour obtenir un renforcement de la solution solide et une optimisation de l'interface (résistance de liaison théorique > 100 MPa ± 10 MPa), ce qui améliore significativement les performances de l'alliage dans un environnement à haute température (gain de poids par oxydation théorique < 0,5 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , température de service > 800 °C ± 10 °C). En tant que phase de liaison principale, le Ni forme un réseau continu (fraction volumique théorique > 95 % ± 2 %) par frittage en phase liquide, offrant une excellente ténacité (ténacité à la rupture théorique K_{1c}) . $_{6\text{-}8\ MPa}$ ·$m^{1/2}$ ± 0,5) , tout en conservant une dureté élevée de HV 1800-2000±50. L'objectif de conception de cet alliage est de répondre aux exigences de conditions de travail extrêmes telles que les outils de coupe de moteurs aérospatiaux (température d'utilisation théorique > 1000 °C ± 10 °C, durée de vie > 5000 heures ± 500 heures) et les moules haute température (durabilité théorique > 10^5 fois ± 10^4 fois) . Sa légèreté (densité ~ 5,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) et sa stabilité à haute température lui confèrent de vastes perspectives d'application dans les domaines de l'aérospatiale et de l'énergie.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Le procédé de préparation utilise la technologie de la métallurgie des poudres, incluant le broyage à boulets, le pressage à froid et le frittage sous vide. La température de frittage est contrôlée à 1 500 °C ± 10 °C et la pression est de 50 MPa ± 1 MPa afin de garantir la densité du matériau (densité relative théorique > 99,5 % ± 0,1 %) et l'uniformité de la microstructure. Les tests de performance adoptent des méthodes standardisées, notamment l'essai d'oxydation à haute température (ASTM E1876, conditions théoriques 1 000 °C ± 10 °C, durée 100 heures ± 10 heures), l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge théorique 10 kg ± 0,1 kg, précision ± 50) et l'essai de performance à l'usure (ASTM G99, charge théorique 10 N ± 0,1 N, précision ± 0,01 mm^3 / N · m). Français Par exemple, le gain de poids théorique du TiC20Ni5Mo (taille de grain théorique 1 μm ± 0,01 μm) dans le test d'oxydation à haute température est de 0,3 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 , et la dureté atteint HV 1900 ± 50, ce qui répond pleinement aux exigences de durabilité à haute température des outils de coupe aéronautiques. De plus, la microscopie électronique à balayage (MEB, résolution théorique < 0,1 μm ± 0,01 μm) et la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) sont utilisées pour analyser la microstructure et la distribution des éléments, et la spectroscopie de photoélectrons à rayons X (XPS) vérifie l'état chimique de la couche d'oxyde.

10.2.2.1.2 Mécanisme et analyse du carbure cémenté à base de carbure de titane (à base de TiC)

TiCNi /Mo repose principalement sur le comportement à l'oxydation du TiC et l'effet synergique du Mo et du Ni. Le TiC subit une réaction d'oxydation à haute température (> 800 °C ± 10 °C) pour former une couche protectrice dense de TiO_2 . Cette réaction chimique peut être exprimée comme suit :

$$TiC + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow TiO_2 + CO$$

La couche de TiO_2 (épaisseur théorique 0,5 μm±0,1 μm) présente une faible porosité et un taux de diffusion théorique de l'oxygène de <$10^{-10}$$cm^2$ / s ± $10^{-11}$$cm^2$ / s, ce qui ralentit efficacement l'oxydation supplémentaire à l'intérieur du matériau et maintient le gain de poids d'oxydation à <0,5 mg/cm^2±0,05 mg/cm^2. Mo renforce l'interface entre TiC et Ni en formant du Mo_2C (taille théorique des particules 0,1 μm±0,01 μm) à 1000°C±10°C, réduisant le taux d'usure théorique de 20 % ± 3 % et améliorant la résistance à l'usure à haute température. Français Le Ni génère une couche de NiO (épaisseur théorique ~10 nm±1 nm) à haute température, inhibant davantage la réaction d'oxydation (gain de poids <0,5 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2) , formant un double mécanisme de protection avec la couche de TiO_2 . La dureté augmente avec l'augmentation de la teneur en Mo. Lorsque la teneur en Mo est de 5 % ± 0,1 %, la dureté théorique atteint HV 1900 ± 50. Cependant, lorsque la teneur en Mo dépasse 10 % ± 0,1 %, la génération excessive de Mo_2 C entraîne une diminution de la ténacité à la rupture K_1 c de 15 % ± 3 % en théorie (à < 5 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5), et la quantité d'ajout de Mo doit être optimisée.

L'analyse de la microstructure par observation SEM montre que la distribution des grains de TiC20Ni5Mo est uniforme (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et que les particules de Mo_2C sont

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

intégrées à l'interface pour améliorer la force de liaison. L'analyse EDS confirme que Mo est uniformément distribué (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et XPS vérifie la formation de TiO_2 (position du pic Ti 2p ~ 459 eV ± 0,1 eV) et de NiO_2 . Français L'essai d'usure à haute température (ASTM G99) montre que le taux d'usure théorique du TiC20Ni5Mo est de 0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, ce qui est meilleur que celui du TiC20Ni sans ajout de Mo (0,09 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$), prouvant l'effet de renforcement du Mo_2C. Cependant, lorsque la taille des grains augmente à >2 μm±0,01 μm , le gain de poids d'oxydation théorique augmente de 15 %±3 %. Cela est dû à la diminution de la capacité de protection causée par la réduction des joints de grains, qui doit être optimisée par un affinage des grains.

10.2.2.1.3 Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté à base de carbure de titane (à base de TiC)

TiCNi /Mo est affecté par une variété de facteurs, et l'amélioration des performances doit être obtenue grâce à l'optimisation du processus et au contrôle environnemental :

Contenu Mo

Lorsque la teneur en Mo est de 5 % ± 0,1 %, la dureté et la résistance à l'usure sont optimales (HV 1900 ± 50, taux d'usure < 0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m). Lorsque la teneur en Mo est > 10 % ± 0,1 %, K_{1c} diminue théoriquement de 15 % ± 3 % (à < 5 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) et la quantité ajoutée doit être contrôlée.

Teneur en Ni

Lorsque la teneur en Ni est de 20%±1%, la ténacité est optimale (K_{1c} ~ 8 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) ; lorsque la teneur en Ni est > 30%±1%, la dureté diminue théoriquement de 10%±2% (jusqu'à HV 1800±50), et la résistance à haute température est affaiblie.

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est de 1 à 2 μm±0,01 μm , le gain de poids d'oxydation est faible (<0,3 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2) ; lorsque la taille des grains est >5 μm±0,01 μm , le gain de poids théorique augmente de 15 %±3 % et la résistance à l'usure diminue.

Température de frittage

Lorsque la température de frittage est de 1500°C±10°C, Mo_2 C est stable et la densité est >99,5%±0,1% ; lorsque la température dépasse 1600°C±10°C, le taux de décomposition de Mo_2 C augmente théoriquement de 5%±1%, affectant la cohérence des performances.

Conditions environnementales

Lorsque la température de fonctionnement est > 1000°C±10°C, le gain de poids théorique dû à l'oxydation augmente de 20%±3% et la stabilité de la couche de TiO_2 doit être améliorée ; lorsque la concentration en oxygène est > 21%±1%, le taux de corrosion augmente de 10%±2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Par exemple, en raison de la teneur élevée en Mo (10 % ± 0,1 %) de TiC20Ni10Mo, K_{1C} tombe à 5 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5 et la résistance aux hautes températures n'est pas encore améliorée, elle doit donc être optimisée à 2 %-5 % ± 0,1 %.

cémenté
à base de carbure de titane (à base de TiC)

Pour obtenir une dureté > HV 1800 ± 50 et un gain de poids d'oxydation < 0,5 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Optimisation des ingrédients

La teneur en Mo est de 2%-5%±0,1%, la teneur en Ni est de 15%-20%±1%, équilibrant la dureté et la ténacité.

Contrôle des grains

La taille des grains est contrôlée à 1-2 μm±0,01 μm et la croissance des grains est réduite en réduisant la fluctuation de la température de frittage (±5°C) pour améliorer les performances à haute température.

Procédé de frittage

La température de frittage est de 1500°C±10°C et la pression est de 50 MPa±1 MPa, garantissant que la densité est >99,5%±0,1% et que le Mo_2C est uniformément réparti (écart <0,1%±0,02%) ; Ar (teneur en oxygène <0,01%±0,001%) est utilisé comme atmosphère de frittage pour inhiber l'oxydation.

Traitement de surface

La rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm±0,01 μm grâce à un polissage de précision, l'intégrité des couches TiO_2 et NiO est améliorée et le taux d'oxydation est théoriquement réduit de 10%±2%.

Spécifications de test

par ASTM E1876 (oxydation à haute température, 1000°C±10°C), ASTM G99 (performance d'usure, charge 10 N±0,1 N) et ASTM E92 (test de dureté, charge 10 kg±0,1 kg) ; complété par SEM et XPS pour analyser la microstructure.

Par exemple, TiC20Ni5Mo (taille de grain théorique 1 μm±0,01 μm , surface Ra<0,05 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1900±50 et un gain de poids d'oxydation de 0,3 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , ce qui répond aux exigences des outils aéronautiques.

10.2.2.1.5 Applications techniques du carbure cémenté à base de carbure de titane (à base de TiC)

TiCNi /Mo présente d'excellentes performances dans les secteurs de l'aéronautique et de l'énergie grâce à son excellente tenue à haute température. Ses applications couvrent les scénarios suivants :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Outils d'aviation

TiC20Ni5Mo (teneur théorique en Mo 5%±0,1%, granulométrie 1 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1900±50, un gain de poids d'oxydation de 0,3 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , une durée de vie théorique de >5000 heures±500 heures, et convient à la découpe des pales de moteurs d'avion et peut résister à des températures élevées de >1000°C±10°C.

Moule à haute température

Le TiC15Ni5Mo (teneur théorique en Mo 5 % ± 0,1 %, granulométrie 1 μm ± 0,01 μm) présente un taux d'usure de 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m et une durabilité théorique > 10^5 fois ± 10^4 fois. Il est largement utilisé dans les matrices de forgeage à haute température.

turbine à gaz

Le TiC20Ni2Mo (teneur théorique en Mo 2%±0,1%, rugosité de surface Ra<0,05 μm±0,01 μm) a un gain de poids d'oxydation de 0,3 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² et une durée de vie théorique de >10^4 heures ±10^3 heures, ce qui convient aux aubes de turbines à gaz.

10.2.2.2 Matériaux composites à base de TiC : légers et de grande dureté

10.2.2.2.1 Principes de base et aperçu technologique des matériaux composites à base de TiC

Les matériaux composites à base de TiC sont fabriqués à partir de TiC (teneur théorique 70 %-90 % ± 1 %) comme phase dure du noyau, combiné à du Ni (teneur théorique 10 %-20 % ± 1 %), du Mo (teneur théorique 2 %-5 % ± 0,1 %) et d'autres additifs (tels que Al_2O_3 , teneur théorique 1 %-5 % ± 0,1 %), par métallurgie des poudres. Ce matériau est connu pour sa légèreté (densité théorique 5 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) et sa dureté élevée (HV > 2 000 ± 50), et convient aux scénarios nécessitant une résistance élevée et une faible densité, tels que les pièces structurelles aéronautiques (résistance théorique > 1 000 MPa ± 50 MPa) et les moules légers (durabilité théorique > 10^6 fois ± 10^5 fois). Français La faible densité (4,93 g/cm³ ± 0,05 g/cm³) et l'énergie de liaison covalente élevée (500 kJ/mol±10 kJ/mol) du TiC constituent la base de sa légèreté. Al_2O_3 améliore encore la résistance et la résistance à l'usure du matériau grâce au renforcement par dispersion des particules (dureté théorique > HV 1800±50), et Ni améliore la liaison d'interface (force de liaison théorique > 100 MPa±10 MPa) et la ténacité (K_{1c} théorique 6-10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) grâce au frittage en phase liquide.

Le processus de préparation comprend le broyage à boulets, le pressage à froid et le frittage sous vide. La température de frittage est contrôlée à 1 500 °C ± 10 °C et la pression à 50 MPa ± 1 MPa pour garantir une densité > 99,5 % ± 0,1 %. Le test de performance utilise la méthode d'Archimède pour mesurer la densité (précision ± 0,01 g/cm³) , l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge 10 kg ± 0,1 kg, précision ± 50) et l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision ± 0,5 MPa·$m^{1/2}$) . Français Par exemple, TiC15Ni2Al_2O_3 (taille de grain théorique 1 μm±0,01 μm) a une densité de 5,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ , une dureté de HV 2100±50 et une résistance de >1000 MPa±50 MPa, ce qui répond aux exigences des pièces structurelles de l'aviation. Des analyses SEM et EDS ont été

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

utilisées pour vérifier la microstructure et la distribution des éléments, et XPS a vérifié la stabilité chimique du TiC .

10.2.2.2.2 Mécanisme et analyse des matériaux composites à base de TiC

TiC proviennent de l'effet synergique du réseau covalent de TiC (constante de réseau théorique 4,3 Å ± 0,01 Å) et des additifs. Les liaisons covalentes de TiC fournissent une dureté de >HV 2000±50, et Al_2O_3 améliore la résistance du matériau (>1000 MPa±50 MPa) par le renforcement de la dispersion des particules (taille théorique des particules 0,5 μm±0,01 μm), et sa dureté (>HV 1800±50) améliore encore la résistance à l'usure. Ni renforce la liaison d'interface (valeur théorique >100 MPa±10 MPa) en formant un réseau continu (fraction volumique théorique >95%±2%), et la ténacité à la rupture K_{1c} atteint théoriquement 8 MPa·m¹ /² ± 0,5. La densité du matériau est déterminée par la fraction volumique des composants et peut être calculée approximativement comme suit :

$$\rho = \sum f_i \cdot \rho_i$$

其中，f_i 为各组分的体积分数，ρ_i 为对应密度（TiC 4.93 g/cm³±0.05 g/cm³，Ni 8.9 g/cm³±0.1 g/cm³，Al_2O_3 3.95 g/cm³±0.05 g/cm³）。当TiC含量为80%±1%时，理论密度约为5.2 g/cm³±0.1 g/cm³，实现了显著的轻量化。

L'analyse SEM montre que les particules d' Al_2O_3 de TiC15Ni2Al_2O_3 sont uniformément réparties (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et que le réseau Ni est continu (> 95 % ± 2 %), ce qui améliore la stabilité globale du matériau. L'EDS confirme que la teneur en Al_2O_3 est de 2 % ± 0,1 %, et l'XPS vérifie la stabilité chimique du TiC (position du pic Ti 2p ~ 455 eV ± 0,1 eV). Les tests d'usure (ASTM G99) montrent que le taux d'usure théorique est de 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, ce qui est meilleur que TiC15Ni sans ajout d' Al_2O_3 (0,08 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m). Cependant, lorsque la taille des grains augmente jusqu'à > 2 μm±0,01 μm , K_{1c} diminue de 10 %±2 % (jusqu'à < 7 MPa·m ¹ / ² ± 0,5) en théorie et doit être optimisé par un affinement des grains.

10.2.2.2.3 Analyse des facteurs affectant les matériaux composites à base de TiC. Les performances des matériaux composites à base
de TiC sont influencées par divers facteurs. Il est nécessaire d'atteindre un équilibre entre légèreté et dureté élevée grâce à l'optimisation du procédé :

Teneur en TiC
Lorsque la teneur en TiC est de 80 % ± 1 %, la dureté est la plus élevée (HV 2100 ± 50) ; lorsque la teneur en TiC est > 90 % ± 1 %, K_{1c} diminue théoriquement de 15 % ± 3 % (à < 5 MPa·m ¹ / ² ± 0,5) et la ténacité est insuffisante.

Teneur en Al_2O_3
Al_2O_3 est de 2 % ± 0,1 %, la résistance est optimale (> 1 000 MPa ± 50 MPa) ; lorsque la teneur en Al_2O_3 est > 5 % ± 0,1 %, K_{1c} diminue théoriquement de 10 % ± 2 % (à < 6 MPa·m ¹ / ² ± 0,5) et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

une rupture fragile est susceptible de se produire.

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est de 1 à 2 μm±0,01 μm , la dureté et la résistance à l'usure sont optimales ; lorsque la taille des grains est > 5 μm±0,01 μm , le taux d'usure augmente théoriquement de 10 %±2 % et K_1 c diminue.

Température de frittage

Lorsque la température de frittage est de 1500°C±10°C, la densité est stable (>99,5%±0,1%) ; lorsqu'elle dépasse 1600°C±10°C, la théorie de ségrégation augmente de 5%±1%, affectant la cohérence des performances.

Conditions de chargement

Lorsque la charge de travail est > 1000 MPa ± 50 MPa, TiC15Ni2Al $_2$ O $_3$ présente une excellente résistance et durabilité.

Par exemple, TiC10Ni5Al_2O_3 a une teneur élevée en Al_2O_3 (5 %±0,1 %), et son K_1c tombe à 5 MPa·m^{1} / ^{2} ± 0,5, ce qui doit être optimisé à 1%-2%±0,1 %.

10.2.2.2.4 Stratégie d'optimisation pour les composites à base de TiC

Pour obtenir une dureté > HV 2000 ± 50 et une densité < 5,5 g/cm ^{3} ± 0,1 g/cm ^{3} , la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Optimisation des ingrédients

en TiC est de 70%-80%±1%, la teneur en Al_2O_3 est de 1%-2%±0,1% et la teneur en Ni est de 10%-15%±1%, garantissant légèreté et ténacité.

Contrôle des grains

La taille des grains est contrôlée à 1-2 μm±0,01 μm et la croissance des grains est réduite en réduisant la fluctuation de la température de frittage (±5°C) pour équilibrer la dureté et la ténacité.

Procédé de frittage

La température de frittage est de 1500°C±10°C et la pression est de 50 MPa±1 MPa, assurant une densité> 99,5%±0,1% et une distribution uniforme d' Al_2O_3 (écart <0,1%±0,02 %) .

Traitement de surface

Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm±0,01 μm , le taux d'usure est théoriquement réduit de 10%±2% et la durabilité de la surface est améliorée.

Spécifications de test

par ASTM E92 (essai de dureté, charge 10 kg ± 0,1 kg), ISO 28079 (ténacité à la rupture, précision ± 0,5 MPa·m ^{1} / ^{2}) et méthode d'Archimède (densité, précision ± 0,01 g/cm ^{3}) ; SEM et EDS ont été utilisés pour analyser la microstructure.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Par exemple, TiC15Ni2Al$_2$O$_3$ (taille de grain théorique 1 μm±0,01 μm , surface Ra<0,05 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 2100±50 et une densité de 5,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ , ce qui répond aux exigences des pièces structurelles de l'aviation.

10.2.2.2.5 Applications techniques des matériaux composites à base de TiC

TiC offrent d'excellentes performances dans les secteurs de l'aéronautique et de l'industrie manufacturière grâce à leur légèreté et leur grande dureté. Leurs applications couvrent les scénarios suivants :

Pièces structurelles pour l'aviation

TiC15Ni2Al$_2$O$_3$ (densité théorique 5,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ , granulométrie 1 μm±0,01 μm) a une résistance >1000 MPa±50 MPa et une durée de vie théorique >10 ⁴ heures±10 ³ heures, adapté aux composants du fuselage et du moteur des avions.

Moule léger

TiC10Ni2Al$_2$O$_3$ (dureté théorique HV 2100±50, granulométrie 1 μm±0,01 μm) a une durabilité théorique de >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois et est largement utilisé dans les matrices d'emboutissage de précision.

Outils haute température

TiC15Ni1Al$_2$O$_3$ (teneur théorique en Mo 1%±0,1%, rugosité de surface Ra<0,05 μm±0,01 μm), taux d'usure 0,05 mm³ /N·m ± 0,01 mm³/N·m, durée de vie théorique >5000 heures±500 heures, adapté à la découpe à haute température.

10.2.3 Alliages de carbure multiphasés

Les alliages de carbure multiphasés combinent des phases dures telles que le carbure de tungstène WC, le carbure de titane TiC , le carbure de tantale TaC (teneur totale théorique 70%-90%±1%) et des phases de liaison telles que le cobalt Co et le nickel Ni (teneur théorique 10%-30%±1%), et optimisent la résistance à l'usure (taux d'usure théorique <0,06 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m), la ténacité (ténacité à la rupture théorique K_{1c} 10-15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) et les performances à haute température (> 800 °C ± 10 °C) grâce à l'effet synergique entre les phases. Français Ce système d'alliage est largement utilisé dans des domaines à forte demande tels que les outils aéronautiques (durée de vie théorique > 5000 heures ± 500 heures), les outils de forage pétrolier (temps de résistance aux chocs théoriques > 10^6 fois ± 10^5 fois) et les moules à haute température (temps de durabilité théoriques > 10^5 fois ± 10^4 fois) . La compatibilité des composants multiphasés (solubilité théorique < 5 % ± 0,1 %) et le contrôle des coûts (< 15 USD/kg ± 0,5 USD/kg) sont des considérations clés dans leur conception et leur application, et un équilibre entre performance et économie doit être atteint grâce à l'optimisation du processus. Cette section analysera les avantages de performance des systèmes multiphasés et leur potentiel d'application technique sous deux aspects : l'effet synergique des alliages WCTiCTaCCo et d'autres carbures (tels que NbC et VC).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.2.3.1 WCTiCTaCCo : Équilibre entre résistance à l'usure et ténacité (K_{1c} 10-15 MPa·m $^{1/2}$)

10.2.3.1.1 Principes de base et aperçu technologique du carbure cémenté WCTiCTaCCo

WCTiCTaCCo est préparé par un procédé de métallurgie des poudres avec du WC (teneur théorique 50%-70%±1%) comme phase dure principale, complétée par du TiC (teneur théorique 5%-20%±0,1%) et du TaC (teneur théorique 2%-10%±0,1%), et du Co (teneur théorique 10%-20%±1%) comme phase de liaison. Le TiC améliore la dureté de l'alliage grâce au renforcement de la solution solide (plage théorique HV 1600-1800±30), le TaC améliore l'uniformité et la résistance à l'usure du matériau en inhibant la croissance des grains de WC (taille théorique des grains 0,5-2 μm±0,01 μm), et le Co forme un réseau continu (fraction volumique théorique> 95%±2%) grâce au frittage en phase liquide pour assurer la ténacité ($K_{1c\ théorique}$ 10-15 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5). L'alliage est conçu pour obtenir une excellente résistance à l'usure (taux d'usure théorique < 0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m) et une résistance aux chocs (résistance aux chocs théorique > 10^6 fois ± 10^5 fois) , ce qui le rend adapté aux conditions de travail complexes telles que les outils de coupe de l'aviation (durée de vie théorique > 5 000 heures ± 500 heures) et les outils de forage pétrolier (durabilité théorique > 10^4 heures ± 10^3 heures) .

Le processus de préparation comprend le broyage à billes à haute énergie, le pressage à froid et le frittage sous vide. La température de frittage est contrôlée à 1 450 °C ± 10 °C et la pression est de 50 MPa ± 1 MPa afin de garantir la densité du matériau (densité relative théorique > 99,5 % ± 0,1 %) et l'uniformité de la microstructure. Les tests de performance sont réalisés selon des méthodes normalisées, notamment l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge théorique 10 kg ± 0,1 kg, précision ± 30), l'essai de performance à l'usure (ASTM G65, charge théorique 130 N ± 1 N, précision ± 0,01 mm^3 / N · m) et l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision ± 0,5 MPa · $m^{1/2}$) . Français Par exemple, le WC10TiC5TaC10Co (taille de grain théorique 0,5 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1700±30, une ténacité à la rupture de 12 MPa·$m^{1/2}$±0,5 et un taux d'usure théorique de 0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/N·m, ce qui répond pleinement aux exigences de haute performance des outils aéronautiques et des outils de forage pétrolier. La microscopie électronique à balayage (MEB, résolution théorique <0,1 μm±0,01 μm) et la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) sont utilisées pour analyser la microstructure et la distribution des éléments afin de garantir l'homogénéité de la multiphase.

10.2.3.1.2 Mécanisme et analyse du carbure cémenté WCTiCTaCCo

WCTiCTaCCo est issu de l'effet synergique de différentes phases. Le TiC améliore la dureté de l'alliage par renforcement en solution solide (constante de réseau théorique 4,3 Å ± 0,01 Å) , et la valeur théorique est augmentée d'environ 10 % ± 2 %, lui permettant d'atteindre HV 1600-1800 ± 30. Le TaC inhibe la croissance des grains de WC sous forme de phase de précipitation (taille théorique des particules 0,1 μm ± 0,01 μm), augmente la densité des joints de grains (augmentation

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de la valeur théorique de 20 % ± 3 %, > 10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) , réduisant ainsi le taux d'usure (valeur théorique < 0,06 $mm^3/N \cdot m$ ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$). La capacité de déformation plastique du Co (allongement théorique 1 % ± 0,1 %) améliore la ténacité en absorbant l'énergie d'impact (valeur théorique > 50 J/m^2 ± 5 J/m^2) , et la ténacité à la rupture atteint théoriquement 12 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5. Le taux d'usure peut être exprimé approximativement comme suit :

$$V = k \cdot \frac{P}{H \cdot \rho}$$

其中，$V < 0.06\,mm^3/N\backslash cdotpm \pm 0.01\,mm^3/N\backslash cdotpm$，$\rho \approx 14\,g/cm^3 \pm 0.1\,g/cm^3$ 为密度，P 为载荷，H 为硬度，k 为磨损系数。然而，当TaC含量超过10%±0.1%时，过量TaC可能导致K_{1c}理论下降10%±2%（至<10 $MPa \cdot m^{1/2} \pm 0.5$），需优化含量以平衡性能。

Français L'analyse de la microstructure L'observation SEM montre que les particules de TaC de WC10TiC5TaC10Co sont uniformément réparties (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et que le réseau de Co est continu (> 95 % ± 2 %), ce qui améliore la stabilité globale du matériau. L'analyse EDS confirme que la distribution de TiC et TaC est uniforme (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests d'usure (ASTM G65) montrent que le taux d'usure théorique est de 0,05 $mm^3/N \cdot m$ ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$, ce qui est meilleur que celui du WC10Co monophasé (0,08 $mm^3/N \cdot m$ ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$), prouvant l'effet de renforcement de la synergie multiphasée. Cependant, lorsque la taille des grains augmente à > 2 µm ± 0,01 µm , le taux d'usure augmente théoriquement de 10 % ± 2 %, ce qui est dû à la diminution de la résistance à l'usure causée par la réduction des joints de grains, et les grains doivent être affinés par le contrôle du processus.

10.2.3.1.3 Analyse des facteurs affectant l'alliage dur WCTiCTaCCo

WCTiCTaCCo est affecté par une variété de facteurs, et l'équilibre entre la résistance à l'usure et la ténacité doit être atteint grâce à l'optimisation du processus :

Teneur en TiC

Lorsque la teneur en TiC est de 10 % ± 0,1 %, la dureté est la plus élevée (HV 1700 ± 30) ; lorsque la teneur en TiC la teneur est > 20 % ± 0,1 %, K_{1c} diminue théoriquement de 10%±2% (à <10 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5), et la ténacité est insuffisante.

Teneur en TaC

le meilleur ; lorsque la teneur en TaC est >10%±0,1%, K_{1c} diminue théoriquement de 15 % ± 3 % (à < 8 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5), et la quantité ajoutée doit être contrôlée.

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 10%±1%, la ténacité est optimale (K_{1c} ~ 12 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5) ; lorsque la teneur en Co est > 20%±1%, la dureté diminue théoriquement de 10%±2% (jusqu'à HV 1600±30), et la résistance à l'usure diminue.

Taille des grains

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Lorsque la granulométrie est de 0,5 à 1 μm±0,01 μm , la résistance à l'usure est optimale (taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m) ; lorsque la granulométrie est > 2 μm±0,01 μm , le taux d'usure augmente théoriquement de 10 %±2 %.

Température de frittage

Lorsque la température de frittage est de 1450°C±10°C, la densité est >99,5%±0,1% et la distribution multiphasique est uniforme ; lorsqu'elle dépasse 1500°C±10°C, la théorie de ségrégation augmente de 5%±1%, affectant la cohérence des performances.

Conditions environnementales

Lorsque la température est > 1000°C±10°C, le taux d'usure augmente théoriquement de 15%±3% et la stabilité de la phase Co doit être améliorée.

Par exemple, WC15TiC10TaC10Co a une teneur élevée en TaC (10 % ± 0,1 %) et son K_{1c} tombe à 8 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, ce qui réduit sa résistance aux chocs et doit être optimisé à 2%-5%±0,1%.

10.2.3.1.4 Stratégie d'optimisation pour le carbure cémenté

WCTiCTaCCo Pour obtenir une dureté > HV 1600 ± 30, $K_{1}c$> 10 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Optimisation des ingrédients

TiC 5%-10%±0,1%, teneur en TaC 2%-5%±0,1%, teneur en Co 10%-15%±1%, équilibrant la dureté et la ténacité.

Contrôle des grains

La taille des grains est contrôlée à 0,5-1 μm±0,01 μm et la croissance des grains est réduite en réduisant la fluctuation de la température de frittage (±5°C) pour améliorer la résistance à l'usure.

Procédé de frittage

La température de frittage est de 1450°C±10°C et la pression est de 50 MPa±1 MPa, garantissant une densité> 99,5%±0,1% et une distribution multiphasique uniforme (écart < 0,1%±0,02%) ; Ar (teneur en oxygène < 0,01%±0,001%) est utilisé comme atmosphère de frittage pour inhiber l'oxydation.

Traitement de surface

Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm±0,01 μm , le taux d'usure est théoriquement réduit de 10%±2% et la durabilité de la surface est améliorée.

Spécifications de test

par ASTM G65 (performance d'usure, charge 130 N ± 1 N), ISO 28079 (ténacité à la rupture, précision ± 0,5 MPa·m ¹ / ²) et ASTM E92 (test de dureté, charge 10 kg ± 0,1 kg) ; SEM et EDS ont été utilisés pour analyser la microstructure.

Par exemple, WC10TiC5TaC10Co (taille de grain théorique 0,5 μm±0,01 μm , surface Ra<0,05 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1700±30 et K_{1} c 12 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, ce qui répond aux exigences

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

des outils aéronautiques.

10.2.3.1.5 WCTiCTaCCo Application technique du carbure cémenté

WCTiCTaCCo présente d'excellentes performances dans les secteurs de l'aéronautique et du pétrole grâce à son excellent équilibre entre résistance à l'usure et ténacité. Ses applications couvrent les scénarios suivants :

Outils d'aviation
Le WC10TiC5TaC10Co (dureté théorique HV 1700±30, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une durée de vie théorique de >5000 heures±500 heures, convient à la découpe de moteurs d'avion et peut résister à des températures élevées de >800°C±10°C.

Outils de forage pétrolier
WC10TiC2TaC15Co (K_{1} c théorique 12 MPa·m ^{1} / ^{2} ± 0,5, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une résistance aux chocs théorique de >10^{6} fois ± 10^{5} fois, ce qui convient à l'environnement à fort impact dans le forage pétrolier.

Moule à haute température
Le WC5TiC5TaC10Co (taux d'usure théorique 0,05 mm^{3} / N · m ± 0,01 mm^{3} / N · m, granulométrie 0,5 μm ± 0,01 μm) a une durabilité théorique de > 10 ^{5} fois ± 10 ^{4} fois et est largement utilisé dans le forgeage à haute température.

10.2.3.2 Effets synergétiques d'autres carbures (NbC , VC)

10.2.3.2.1 Principes de base et aperçu technique

NbC (dureté théorique > HV 1800±50, teneur 2%-10%±0,1%) et VC (dureté théorique > HV 2000±50, teneur 0,5%-5%±0,1%) en tant que phases additives améliorent la résistance à l'usure (taux d'usure théorique <0,06 mm^{3} / N · m ± 0,01 mm^{3} /N · m) et la stabilité à haute température (>800°C±10°C) des alliages de carbure multiphasés grâce à l'affinage des grains (taille théorique 0,5-1 μm±0,01 μm) et au renforcement de la solution solide. Français Le NbC améliore la ténacité grâce à l'adaptation du réseau (le $K_{1}c$ théorique augmente de 10 % ± 2 %), et le VC améliore la dureté et la résistance à l'usure en inhibant la croissance des grains (la densité théorique des joints de grains augmente de 20 % ± 3 %, > 10 ^{14} m^{-2} ± 10 ^{13} m^{-2}) . Ce système d'alliage convient aux scénarios nécessitant une durabilité élevée, tels que les outils de coupe à haute température (durée de vie théorique > 5 000 heures ± 500 heures) et les substrats de revêtement résistants à l'usure (adhérence théorique > 50 MPa ± 5 MPa). Par rapport aux alliages monophasés, ses performances globales sont améliorées d'environ 15 % ± 2 %.

Français Le processus de préparation adopte la technologie de la métallurgie des poudres, la température de frittage est contrôlée à 1450°C±10°C, la pression est de 50 MPa±1 MPa, et la densité

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

est assurée à >99,5%±0,1%. Les tests de performance comprennent le test de dureté Vickers (ASTM E92, charge 10 kg±0,1 kg, précision ±30), le test de performance d'usure (ASTM G65, charge 130 N±1 N, précision ±0,01 mm^3 / N · m) et le test d'oxydation à haute température (ASTM E1876, 1000°C±10°C, durée 100 heures±10 heures). Par exemple, le WC5NbC0.5VC10Co (taille de grain théorique 0,5 μm ± 0,01 μm) a une dureté de HV 1750 ± 30, un taux d'usure théorique de 0,04 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m et un gain de poids d'oxydation de <0,5 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 , répondant aux exigences des outils à haute température. Les analyses SEM et EDS sont utilisées pour vérifier la microstructure et la distribution des éléments.

10.2.3.2.2 Mécanisme et analyse L'adaptation du réseau de

NbC (constante de réseau théorique 4,5 Å ± 0,01 Å) améliore la force de liaison de l'interface WC et Co (valeur théorique >120 MPa±10 MPa), augmentant théoriquement la ténacité à la rupture K_{1c} de $_{10\ \%}$ ±2 % (à >12 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5). VC inhibe la croissance des grains pendant la phase de précipitation (taille théorique 0,1 μm±0,01 μm), augmente la densité des joints de grains (augmentation de la valeur théorique 20 %±3 %), et augmente théoriquement la dureté de 10 %±2 % (à HV 1750±30). Français Les tests d'oxydation à haute température montrent que le NbC forme Nb_2O_5 (épaisseur théorique 0,5 μm±0,1 μm) et le VC forme V_2O_5 (épaisseur théorique 0,3 μm±0,1 μm). La double couche d'oxyde maintient le gain de poids d'oxydation à <0,5 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 , améliorant la stabilité à haute température. Lorsque la teneur en NbC est de 5 %±0,1 % et la teneur en VC de 0,5 %±0,1 %, le taux d'usure théorique atteint 0,04 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m ; mais lorsque la teneur en NbC est > 10 % ± 0,1 %, la ténacité à la rupture K_{1c} diminue théoriquement de 10 % ± 2 % (à < 10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5), et la quantité ajoutée doit être optimisée.

L'analyse SEM montre que les particules de NbC et de VC du WC5NbC0.5VC10Co sont uniformément réparties (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et que le réseau de Co est continu (> 95 % ± 2 %), ce qui améliore la stabilité globale du matériau. L'EDS confirme que la distribution de Nb et de V est uniforme (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests d'usure (ASTM G65) montrent que le taux d'usure théorique est de 0,04 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m, ce qui est meilleur que le WC10Co (0,08 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m), prouvant l'effet de renforcement du NbC et du VC. Cependant, lorsque la taille des grains augmente jusqu'à > 2 μm ± 0,01 μm , la résistance à l'usure diminue théoriquement de 10 % ± 2 %, et les grains doivent être affinés par contrôle de processus.

10.2.3.2.3 Analyse des facteurs d'influence. Les performances des alliages

NbC et VC sont influencées par divers facteurs. Il est nécessaire d'atteindre un équilibre entre résistance à l'usure et ténacité grâce à l'optimisation du procédé :

Contenu NbC

Lorsque la teneur en NbC est de 5 % ± 0,1 %, la ténacité est optimale (K_{1c} augmente de 10 % ± 2 %). Lorsque la teneur en NbC est supérieure à 10 % ± 0,1 %, la ténacité à la rupture K_{1c} $_{\text{diminue théoriquement}}$ de 10 % ± 2 % (à < 10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Contenu VC

Lorsque la teneur en VC est de 0,5 % ± 0,1 %, la dureté est la plus élevée (HV 1750 ± 30) ; lorsque la teneur en VC est > 5 % ± 0,1 %, la ténacité à la rupture K_{1c} diminue théoriquement de 15 % ± 3 % (à < 7 MPa·m ^{1} / ^{2} ± 0,5), et la quantité ajoutée doit être contrôlée.

Taille des grains

Lorsque la granulométrie est de 0,5 à 1 μm±0,01 μm , la résistance à l'usure est optimale (taux d'usure < 0,04 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m) ; lorsque la granulométrie est > 2 μm±0,01 μm , le taux d'usure augmente théoriquement de 10 % ± 2 %.

Température de frittage

Lorsque la température de frittage est de 1450°C±10°C, la densité est >99,5%±0,1% et le NbC et le VC sont répartis uniformément ; lorsque la température dépasse 1500°C±10°C, la théorie de ségrégation augmente de 5%±1%, affectant la cohérence des performances.

Conditions environnementales

Lorsque la température élevée est > 1000°C±10°C, le gain de poids théorique dû à l'oxydation augmente de 15%±3% et la stabilité de la couche d'oxyde doit être améliorée ; lorsque la concentration en oxygène est > 21%±1%, le taux d'usure augmente de 10%±2%.

Par exemple, le WC10NbC5VC10Co a une teneur élevée en VC (5 % ± 0,1 %) et sa ténacité à la rupture est K_{1c} tombe à 7 MPa·m^{1} / ^{2} ± 0,5, ce qui réduit sa résistance aux chocs et doit être optimisé à 0,5%-1%±0,1%.

10.2.3.2.4 Stratégie d'optimisation

Pour obtenir une dureté > HV 1700 ± 30 et un taux d'usure < 0,06 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m, la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Optimisation des ingrédients

NbC est de 2%-5%±0,1%, la teneur en VC est de 0,5%-1%±0,1%, équilibrant la dureté et la ténacité.

Contrôle des grains

La taille des grains est contrôlée à 0,5-1 μm±0,01 μm et la croissance des grains est réduite en réduisant la fluctuation de la température de frittage (±5°C) pour améliorer la résistance à l'usure.

Procédé de frittage

La température de frittage est de 1450°C±10°C et la pression est de 50 MPa±1 MPa, garantissant une densité> 99,5%±0,1% et une distribution uniforme de NbC et VC (écart < 0,1%±0,02%) ; Ar (teneur en oxygène < 0,01%±0,001%) est utilisé comme atmosphère de frittage pour inhiber l'oxydation.

Traitement de surface

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm±0,01 μm , le taux d'usure est théoriquement réduit de 10%±2% et la durabilité de la surface est améliorée.

Spécifications de test

Les performances ont été vérifiées par ASTM G65 (performance d'usure, charge 130 N±1 N), ASTM E1876 (oxydation à haute température, 1000°C±10°C) et ASTM E92 (test de dureté, charge 10 kg±0,1 kg) ; complétées par SEM et EDS pour analyser la microstructure.

Par exemple, WC5NbC0.5VC10Co (taille de grain théorique 0,5 μm±0,01 μm , surface Ra<0,05 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1750±30 et un taux d'usure de 0,04 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, ce qui répond aux exigences des outils à haute température.

10.2.3.2.5 Applications techniques : les alliages

NbC et VC offrent d'excellentes performances dans les secteurs de la fabrication et de l'énergie grâce à leur excellente résistance à l'usure et à leurs performances à haute température. Leurs applications couvrent les scénarios suivants :

Outils haute température

WC5NbC0.5VC10Co (dureté théorique HV 1750±30, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une durée de vie théorique de >5000 heures±500 heures, convient à la découpe à haute température et peut résister à >800°C±10°C.

Substrat de revêtement résistant à l'usure

WC2NbC0.5VC10Co (taux d'usure théorique 0,04 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une adhérence théorique de >50 MPa±5 MPa, ce qui convient aux substrats de revêtement résistants à l'usure.

Outils de forage pétrolier

K_{1c} théorique 12 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une résistance aux chocs théorique de >10^6fois ± 10^5 fois, ce qui convient à l'environnement à fort impact du forage pétrolier.

10.2.4 Carbure cémenté sans phase liante

sans liant est basé sur un système de carbure complet (WC, TiC , etc., avec une teneur théorique de >99%±0,1%), éliminant les phases liantes traditionnelles telles que Co et Ni, atteignant une dureté ultra-élevée (HV>2500±50) et une excellente stabilité à haute température (>1000°C±10°C), mais sa ténacité est faible (ténacité à la rupture K_{1c} Français < 5 $MPa \cdot m^{1} / ^{2}$ ± 0,5), ce qui le rend particulièrement adapté aux outils ultra-durs (précision de coupe < 0,1 μm±0,01 μm) et aux revêtements résistants à l'usure (durée de vie théorique > 10^4 heures ± 10^3 heures). Le processus de préparation a des exigences élevées, nécessitant un frittage à haute température et haute pression (> 2000 °C ± 10 °C, pression > 100 MPa ± 5 MPa), et le coût est élevé (> 20 USD/kg ± 1 USD/kg), ce qui limite son application à grande échelle. Cette section se concentrera sur le système carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

complet, les défis de préparation et les limites d'application, et analysera en détail ses caractéristiques de performance, les difficultés de préparation et les perspectives d'application.

10.2.4.1 Système tout carbure : dureté ultra élevée

10.2.4.1.1 Principes de base et aperçu technologique du système tout carbure à très haute dureté

Français Le système carbure complet est principalement composé de WC (teneur théorique > 99 % ± 0,1 %) ou de phase mixte WCTiC (WC 50 %-80 % ± 1 %, TiC 20 %-50 % ± 1 %), et atteint une densité proche de la théorie (> 99,8 % ± 0,1 %) grâce à un procédé de frittage à haute température et haute pression (> 2 000 °C ± 10 °C, pression 100 MPa ± 5 MPa). La dureté de ce système dépasse HV 2 500 ± 50, et la résistance à l'usure est excellente (taux d'usure théorique < 0,03 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m), ce qui convient à l'usinage ultra-précis (rugosité de surface Ra < 0,01 μm ± 0,001 μm) et aux pièces résistantes à l'usure (durée de vie théorique > 10^4 heures ± 10^3 heures). La conception sans liant évite la dégradation des performances des alliages traditionnels due au ramollissement du Co à haute température (> 800 °C ± 10 °C) et améliore la stabilité à haute température (> 1 000 °C ± 10 °C), leur permettant de bien fonctionner dans des conditions extrêmes.

Le procédé de préparation adopte le pressage isostatique à chaud (HIP) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS). La température de frittage est contrôlée à 2 000 °C ± 10 °C et la pression est de 100 MPa ± 5 MPa pour garantir la densité et l'uniformité microstructurale du matériau. Les tests de performance comprennent l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge 10 kg ± 0,1 kg, précision ± 50), l'essai de performance à l'usure (ASTM G99, charge 10 N ± 0,1 N, précision ± 0,01 mm^3 / N · m) et l'essai de stabilité à haute température (ASTM E1876, 1 000 °C ± 10 °C, durée 100 heures ± 10 heures). Français Par exemple, le WC20TiC (granulométrie théorique 0,5 μm ± 0,01 μm) a une dureté de HV 2600 ± 50, un taux d'usure théorique de 0,02 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m et une rugosité de surface Ra < 0,01 μm ± 0,001 μm , ce qui répond aux exigences des outils d'ultra-précision. La microscopie électronique à balayage (MEB, résolution théorique < 0,1 μm ± 0,01 μm) et la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) sont utilisées pour analyser la microstructure et la distribution des éléments.

10.2.4.1.2 Mécanisme et analyse du système tout carbure à très haute dureté

Français La dureté ultra élevée du système tout carbure provient du fort réseau de liaisons covalentes du WC (énergie de liaison théorique 700 kJ/mol±10 kJ/mol) et du TiC (énergie de liaison théorique 500 kJ/mol±10 kJ/mol), et la dureté théorique dépasse HV 2500±50. La taille des grains est contrôlée à 0,5 μm±0,01 μm , la densité des joints de grains est augmentée (valeur théorique > $10^{14} m^{-2} \pm 10^{13} m^{-2}$) et le taux d'usure est théoriquement réduit de 30 % ± 5 % (à < 0,03 mm^3 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m). Français L'absence de phase liante élimine les faiblesses interfaciales, et la vitesse de dissolution de la phase liante Co traditionnelle (~10^{-6} $g/cm^2 \cdot h \pm 10^{-7}$ $g/cm^2 \cdot h$) n'est plus un facteur limitant. Le gain de poids par oxydation à haute température est maintenu à < 0,2

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

mg/cm ² ± 0,05 mg/cm ² , ce qui est meilleur que les alliages contenant une phase liante (comme TiCNi , gain de poids par oxydation 0,5 mg/cm ² ± 0,05 mg/cm ²) . Cependant, l'absence de phase plastique entraîne une ténacité plus faible (ténacité à la rupture K_{Ic} < 5 MPa·m ¹ / ² ± 0,5), et les fissures sont faciles à étendre (valeur théorique > 0,1 mm ± 0,01 mm), ce qui limite sa résistance aux chocs.

L'analyse SEM montre que la distribution des grains du WC20TiC est uniforme (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), et que la porosité est aussi faible que < 0,1 % ± 0,02 %, ce qui prouve l'effet de densification du frittage à haute température et haute pression . L'EDS confirme que le TiC est uniformément distribué (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests d'usure (ASTM G99) montrent que le taux d'usure théorique est de 0,02 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, ce qui est meilleur que le WC10Co (0,08 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), vérifiant l'avantage de résistance à l'usure de la conception de phase non liante. Des tests à haute température (1000°C±10°C) prouvent encore davantage sa stabilité, avec un gain de poids d'oxydation de seulement 0,2 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² .

10.2.4.1.3 Analyse des facteurs affectant le système carbure complet à très haute dureté

Les performances du système complet en carbure sont affectées par divers facteurs, et l'équilibre entre dureté et densité doit être atteint grâce à l'optimisation du processus :

Teneur en TiC

la teneur en TiC est de 20%±1%, la dureté est la plus élevée (HV 2600±50) ; lorsque la teneur en TiC est >50%±1%, K_{1c} diminue théoriquement de 20%±3% (à <3 MPa·m ¹ / ² ± 0,5), et la ténacité diminue encore.

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est de 0,5 à 1 μm±0,01 μm , la résistance à l'usure est la meilleure (taux d'usure < 0,02 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m) ; lorsque la taille des grains est > 2 μm±0,01 μm , le taux d'usure augmente théoriquement de 10 %±2 % et la ténacité à la rupture $K_{1c\ est}$ légèrement améliorée (< 5 MPa·m¹ /² ± 0,5).

Température de frittage

Lorsque la température de frittage est de 2000°C±10°C, la densité est >99,8%±0,1% et la porosité est <0,1%±0,02% ; lorsque la température de frittage est inférieure à 1900°C±10°C, la porosité augmente théoriquement de 5%±1% et la dureté diminue.

pression

Lorsque la pression est de 100 MPa±5 MPa, la dureté est stable (HV>2500±50) ; lorsque la pression est <50 MPa±5 MPa, la dureté diminue théoriquement de 10%±2% (jusqu'à HV 2300±50) en raison d' une densification insuffisante.

Conditions environnementales

Lorsque la température est > 1000°C±10°C, le gain de poids théorique dû à l'oxydation augmente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de 10%±2% et le traitement de surface doit être optimisé.

Par exemple, le WC50TiC a une teneur élevée en TiC (50 % ± 1 %) et sa ténacité à la rupture est de K_{1C} tombe à 3 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5, ce qui entraîne une résistance aux chocs insuffisante et doit être optimisé à 20%-30%±1%.

10.2.4.1.4 Stratégie d'optimisation pour un système carbure complet à très haute dureté

Pour obtenir une dureté > HV 2500 ± 50 et un taux d'usure < 0,03 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m, la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Optimisation des ingrédients

Teneur en WC 70%-80%±1%, teneur en TiC 20%-30%±1%, équilibrant la dureté et la stabilité microstructurale.

Contrôle des grains

La taille des grains est contrôlée à 0,5-1 μm±0,01 μm , et la croissance des grains est réduite et la résistance à l'usure est améliorée en optimisant les paramètres de frittage.

Procédé de frittage

La température de frittage est de 2000°C±10°C et la pression est de 100 MPa±5 MPa, garantissant une densité> 99,8%±0,1% et une porosité<0,1%±0,02% ; le pressage isostatique à chaud (HIP) est utilisé pour améliorer l'uniformité.

Traitement de surface

Grâce au polissage ultra-précis, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,01 μm±0,001 μm , le taux d'usure est théoriquement réduit de 10%±2% et la précision de coupe est améliorée.

Spécifications de test

Les performances ont été vérifiées à l'aide des normes ASTM E92 (test de dureté, charge 10 kg ± 0,1 kg), ASTM G99 (performance d'usure, charge 10 N ± 0,1 N) et ASTM E1876 (stabilité à haute température, 1000°C ± 10°C) ; complétées par une analyse SEM et EDS de la microstructure.

Par exemple, le WC20TiC (granulométrie théorique 0,5 μm±0,01 μm , surface Ra<0,01 μm±0,001 μm) a une dureté de HV 2600±50 et un taux d'usure de 0,02 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, ce qui répond aux exigences des outils d'ultra-précision.

10.2.4.1.5 Applications techniques du système tout carbure ultra-haute dureté.

Le système tout carbure offre des performances exceptionnelles dans le domaine de la fabrication de précision grâce à sa dureté et sa résistance à l'usure extrêmement élevées. Son champ d'application couvre les scénarios suivants :

Outils de ultra-précision

Le WC20TiC (dureté théorique HV 2600±50, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une précision de coupe de <0,1 μm±0,01 μm et une durée de vie théorique de >5000 heures±500 heures, et convient

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

au traitement des semi-conducteurs.

Revêtement résistant à l'usure

Le WC30TiC (taux d'usure théorique 0,02 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une durée de vie théorique de >10 ⁴ heures±10 ³ heures et convient au renforcement de surface des pièces mécaniques.

Moule à haute température

Le WC20TiC (gain de poids d'oxydation théorique 0,2 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une durabilité théorique de >10 ⁵ fois ±10 ⁴ fois, adapté au forgeage à haute température.

10.2.4.2 Défis de préparation et limites d'application des systèmes tout carbure à très haute dureté

10.2.4.2.1 Principes de base et aperçu technologique du système tout carbure à très haute dureté

Français La préparation de carbure cémenté sans phase liante repose sur un frittage à haute température et haute pression (> 2000 °C ± 10 °C, pression 100 MPa ± 5 MPa) pour surmonter la faible vitesse de diffusion entre les carbures (< 10 ⁻ ¹² cm ² /s ± 10 ⁻ ¹³ cm ² /s) et la résistance élevée au frittage (> 1000 MPa ± 50 MPa). Les principaux défis comprennent le coût élevé de l'équipement (> 1 million USD ± 100 000 USD), la complexité du procédé (temps de frittage > 2 heures ± 0,1 heure) et la faible ténacité (ténacité à la rupture K_{Ic} < 5 MPa·m ¹ / ² ± 0,5), qui limitent sa production et son application à grande échelle. Les limites de l'application se reflètent principalement dans le scénario de résistance aux chocs (résistance aux chocs théorique <10 ⁴ fois±10 ³ fois) et le traitement de formes complexes (précision <0,1 mm±0,01 mm), en raison du problème de fragilité causé par le manque de phase liante.

Français Le processus de préparation utilise le pressage isostatique à chaud (HIP) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS), et la température de frittage est contrôlée à 2000°C±10°C et la pression est de 100 MPa±5 MPa pour garantir une densité >99,8%±0,1%. Les tests de performance comprennent la mesure de la densité d'Archimède (précision ±0,01 g/cm³) , le test de dureté Vickers (ASTM E92, charge 10 kg±0,1 kg, précision ±50) et le test de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision ±0,5 MPa·m¹ / ²) . Par exemple, le WC20TiC (fritté à 2000°C±10°C, pression 100 MPa±5 MPa) a une densité de >99,8%±0,1% et une dureté de HV 2600±50, mais la ténacité à la rupture K_{Ic} n'est que de 4 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, ce qui reflète sa ténacité insuffisante. Des analyses SEM et EDS ont été utilisées pour vérifier la microstructure et l'homogénéité de la composition.

10.2.4.2.2 Mécanisme et analyse du système de carbure complet à très haute dureté Le frittage à haute température et

haute pression permet de densifier le matériau par diffusion aux joints de grains (taux théorique ~10 ⁻ ¹² cm ² /s±10 ⁻ ¹³ cm ² /s), et la porosité est réduite à < 0,1 % ± 0,02 %. L'énergie d'interface

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

entre WCTiC est faible (valeur théorique ~ 1 J/m ² ± 0,1 J/m ²) , et une pression de > 100 MPa ± 5 MPa est nécessaire pour assurer la liaison entre les carbures. Le faible taux de diffusion nécessite que la température de frittage soit supérieure à 2000 °C ± 10 °C, et la puissance de l'équipement doit atteindre > 500 kW ± 10 kW, ce qui augmente la difficulté de préparation. L'absence de phase de liaison entraîne une ténacité à la rupture K_{Ic} < 5 MPa·m ¹ / ² ± 0,5 et une vitesse de croissance théorique des fissures > 10 ⁻ ³ mm/s ± 10 ⁻ ⁴ mm/s, ce qui limite la résistance aux chocs.

L'analyse SEM montre que la porosité du WC20TiC est < 0,1 % ± 0,02 %, mais des microfissures (taille théorique < 0,1 μm ± 0,01 μm) se forment facilement aux points de concentration de contraintes, affectant la durabilité. L'EDS confirme que la distribution de la composition est uniforme (écart théorique < 0,1 % ± 0,02 %), prouvant l'uniformité du processus de frittage.

10.2.4.2.3 Analyse des facteurs affectant le système de carbure complet à très haute dureté

Les performances de préparation et d'application sont affectées par une combinaison de facteurs, et des améliorations de processus sont nécessaires pour surmonter les limitations :

Température de frittage

Lorsque la température de frittage est de 2000°C±10°C, la densité est >99,8%±0,1% et la porosité est <0,1%±0,02% ; lorsque la température de frittage est inférieure à 1900°C±10°C, la porosité augmente théoriquement de 5%±1% et la dureté diminue à HV 2400±50.

pression

Lorsque la pression est de 100 MPa±5 MPa, la dureté est stable (HV>2500±50) ; lorsque la pression est <50 MPa±5 MPa, la dureté diminue théoriquement de 10%±2% (jusqu'à HV 2300±50) en raison d'une densification insuffisante.

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est de 0,5 à 1 μm±0,01 μm , la dureté est la plus élevée (HV 2600±50) ; lorsque la taille des grains est > 2 μm±0,01 μm , la ténacité à la rupture K_{Ic} augmente théoriquement légèrement de 5 %±1 % (toujours < 5 MPa·m¹ / ² ± 0,5), mais la résistance à l'usure diminue.

Coût de l'équipement

Le coût des équipements à haute température et haute pression est supérieur à 1 million de dollars US ± 100 000 dollars US, ce qui limite la production à grande échelle et la production est inférieure à 1 000 kg/an ± 100 kg/an.

Scénario d'application

Lorsque la résistance aux chocs est inférieure à 10⁴ fois ± 10³ fois, la défaillance est fréquente. Lorsque la précision d'usinage est supérieure à 0,1 mm ± 0,01 mm, le coût augmente de 20 % ± 5 % et l'usinage est complexe.

Par exemple, en raison d'une température de frittage insuffisante (1900°C±10°C), la porosité du

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

WC20TiC a augmenté à 0,5%±0,1% et la dureté a diminué à HV 2400±50, de sorte que les paramètres du processus devaient être optimisés.

10.2.4.2.4 Stratégie d'optimisation pour un système entièrement en carbure à très haute dureté

Pour obtenir une dureté > HV 2500 ± 50 et une densité > 99,8 % ± 0,1 %, la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Optimisation des processus

La température de frittage est de 2000°C±10°C, la pression est de 100 MPa±5 MPa et le temps de frittage est de 2 heures±0,1 heure pour assurer la densification.

Contrôle des grains

La taille des grains a été contrôlée à 0,5-1 μm ± 0,01 μm et la formation de microfissures a été réduite en optimisant les paramètres de frittage.

Amélioration de l'équipement

En utilisant la technologie de pressage isostatique à chaud (HIP), la porosité est réduite à < 0,05 % ± 0,01 %, améliorant ainsi l'uniformité du matériau.

Traitement de surface

Grâce au polissage ultra-précis, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,01 μm±0,001 μm , le taux d'usure est théoriquement réduit de 10%±2% et la précision de coupe est améliorée.

Spécifications de test

par ASTM E92 (essai de dureté, charge 10 kg ± 0,1 kg), ISO 28079 (ténacité à la rupture, précision ± 0,5 MPa·m $^{1/2}$) et méthode d'Archimède (densité, précision ± 0,01 g/cm ^{3}) ; SEM et EDS ont été utilisés pour analyser la microstructure.

Par exemple, le WC20TiC (frittage 2000°C±10°C, pression 100 MPa±5 MPa) a une dureté de HV 2600±50 et une densité >99,8%±0,1%, ce qui répond aux exigences de l'usinage ultra-précis.

10.2.4.2.5 Application technique du système tout carbure à très haute dureté

sans liant fonctionnent bien dans les scénarios de haute précision et leurs applications incluent les suivantes :

Usinage ultra-précis

Le WC20TiC (dureté théorique HV 2600±50, granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une précision de coupe de <0,1 μm±0,01 μm et une durée de vie théorique de >5000 heures±500 heures, et convient au traitement des miroirs optiques.

Substrat de revêtement résistant à l'usure

Le WC30TiC (taux d'usure théorique 0,02 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, granulométrie 0,5 μm ± 0,01 μm) a une durée de vie théorique de > 10 ^{4} heures ± 10 ^{3} heures et convient à la protection

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de surface des pièces mécaniques .

Moule à haute température

Le WC20TiC (gain de poids d'oxydation théorique 0,2 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , granulométrie 0,5 μm±0,01 μm) a une durabilité théorique de >10 ⁵ fois ±10 ⁴ fois et convient au formage à haute température.

système entièrement en carbure à très haute dureté :

Scène d'impact

K_{Ic} < 5 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, temps de résistance aux chocs théoriques < 10 ⁴ fois ± 10 ³ fois, sujet à la défaillance sous un impact élevé.

Formes complexes

Lorsque la précision de traitement est < 0,1 mm ± 0,01 mm, le coût augmente de 20 % ± 5 % et le traitement est difficile.

Production de masse

Le coût de l'équipement est supérieur à 1 million de dollars ± 100 000 dollars et la production est limitée à < 1 000 kg/an ± 100 kg/an, ce qui rend difficile la réalisation d'économies d'échelle.

10.3 Classification par granulométrie du carbure cémenté

La granulométrie du carbure cémenté (allant de 0,2 micron à 10 microns avec une précision de ±0,01 micron) est le paramètre clé pour le contrôle de ses performances, qui a un impact profond sur la dureté (allant de HV 800 à 2500 avec une précision de ±30), la ténacité (allant de 8 MPa·m ¹ / ² à 25 MPa·m ¹ / ² avec une précision de ±0,5) et la résistance à l'usure (taux d'usure de 0,02 mm ³ /N · m à 0,1 mm ³ /N · m avec une précision de ±0,01 mm ³ /N · m). Cette caractéristique clé est obtenue grâce à des processus de préparation précis, tels que des températures de frittage allant de 1450°C à 2000°C (avec une précision de ±10°C), des pressions appliquées allant de 50 MPa à 100 MPa (avec une précision de ±1 MPa), et l'ajout d'inhibiteurs tels que VC et Cr_3C_2 (teneur de 0,1% à 2%, avec une précision de ±0,01%) pour optimiser la microstructure. Français La combinaison de ces procédés et de ces conceptions de matériaux permet au carbure cémenté de répondre à divers besoins industriels, tels que les outils haute performance dans le domaine de l'aviation (durée de vie de plus de 5 000 heures, erreur de ± 500 heures), les forets résistants aux chocs dans l'industrie minière (résistance aux chocs de plus de 10 ⁶ fois, erreur de ± 10 ⁵ fois) et la fabrication de moules de précision (précision d'usinage inférieure à 0,1 micron, erreur de ± 0,01 micron). Afin d' évaluer avec précision la distribution granulométrique et son impact sur les performances, des techniques d'analyse avancées sont nécessaires, notamment la microscopie électronique à balayage (MEB, résolution inférieure à 0,1 micron , erreur de ± 0,01 micron), la diffraction des rayons X (DRX, précision de mesure de la granulométrie de ± 0,01 micron) et une série de tests de performance normalisés (tels que ASTM E92 et G65) pour garantir la fiabilité et la cohérence des données.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Cette section explorera systématiquement l'impact significatif de la granulométrie sur les performances du carbure cémenté dans différents scénarios d'application, grâce à l'interaction entre microstructure et macro-performances, sous quatre aspects : carbure cémenté ultrafin/nano (granulométrie inférieure à 0,5 micron), carbure cémenté à grains fins (granulométrie de 0,5 micron à 2 microns), carbure cémenté à grains moyens/grossiers (granulométrie de 2 microns à 10 microns), et distribution granulométrique et régulation des performances. L'analyse de chaque partie analysera en profondeur le processus de préparation, le mécanisme du matériau, les facteurs d'influence, la stratégie d'optimisation et l'application technique, et s'efforcera de fournir aux lecteurs un soutien théorique complet et des conseils pratiques.

10.3.1 Carbure cémenté ultrafin/nano (< 0,5 µm)

Le carbure cémenté ultrafin/nano se caractérise par une granulométrie inférieure à 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron). Cette granulométrie extrêmement fine entraîne une augmentation significative de la densité des joints de grains (supérieure à 10^{14} m^{-2} , erreur ± 10^{13} m^{-2}) , ce qui se traduit par une augmentation significative de la dureté (supérieure à HV 2400, erreur ± 50) et de la ténacité (supérieure à 12 MPa·m^{1} / ², erreur ± 0,5). Les excellentes propriétés de ce matériau le rendent particulièrement adapté à l'usinage de haute précision (précision d'usinage inférieure à 0,1 micron, erreur ± 0,01 micron) et à la fabrication de micro-pièces (durée de vie supérieure à 10^4 heures, erreur ± 10^3 heures). Cependant, en raison de la taille extrêmement fine des grains, la difficulté technique du processus de préparation est considérablement augmentée, et une technologie avancée de frittage par plasma d'étincelles (SPS) et l'ajout d'inhibiteurs (tels que VC et Cr_3C_2) sont nécessaires pour contrôler efficacement la croissance et l'agrégation des grains afin de garantir l'uniformité et la stabilité du matériau.

Cette section détaille le procédé de préparation, les avantages en termes de performances et les applications spécifiques, et analyse en profondeur les caractéristiques techniques, les mécanismes de performance et le potentiel d'application pratique du carbure cémenté ultrafin/nano dans l'industrie. Grâce à des recherches systématiques sur l'optimisation du procédé de préparation et l'amélioration des performances, cette section vise à fournir une référence précieuse aux chercheurs et ingénieurs des domaines concernés.

10.3.1.1 Procédé de préparation de carbure cémenté ultrafin/nano (SPS, inhibiteur VC/ Cr_3C_2)

Aperçu des principes de base et des technologies du carbure cémenté ultrafin/nano

La préparation du carbure cémenté ultrafin/nano repose sur la technologie du frittage par plasma d'étincelles (SPS), qui fonctionne dans une plage de température de 1450°C à 1600°C (erreur ±10°C) et dans des conditions de pression de 50 MPa à 100 MPa (erreur ±1 MPa). Comparé aux méthodes de frittage traditionnelles, le SPS permet un chauffage rapide (taux de chauffage supérieur à 100 °C/minute, erreur ± 10 °C/minute) en appliquant un courant pulsé (intensité du courant supérieure à 1 000 ampères, erreur ± 100 ampères), réduisant considérablement le temps de frittage (moins de 10 minutes, erreur ± 1 minute), inhibant ainsi efficacement la croissance des grains (le taux de croissance des grains est inférieur à 10^{-3} microns/seconde, erreur ± 10^{-4} microns/seconde).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

De plus, l'ajout d'inhibiteurs tels que le VC (teneur de 0,2 % à 1 %, erreur ± 0,01 %) et le Cr_3C_2 (teneur de 0,5 % à 2 %, erreur ± 0,01 %) réduit encore la vitesse de diffusion du matériau (moins de 10^{-12} cm^2 /s, erreur ± 10^{-13} cm^2 /s) en précipitant de minuscules particules (taille d'environ 0,05 micron, erreur ± 0,01 micron) aux joints de grains, garantissant que la taille des grains reste au niveau nanométrique.

Afin de vérifier l'effet de préparation et la précision du contrôle de la taille des grains, une variété de techniques de caractérisation avancées sont nécessaires, notamment la microscopie électronique à balayage (MEB, résolution inférieure à 0,1 micron, erreur ± 0,01 micron) pour observer la morphologie microscopique, la microscopie électronique à transmission (MET, résolution inférieure à 0,01 micron, erreur ± 0,001 micron) pour une analyse détaillée de la structure des joints de grains et la diffraction des rayons X (DRX, précision de mesure de la taille des grains ± 0,01 micron) pour l'analyse quantitative de la structure cristalline. Par exemple, dans l'alliage WC6Co0.5VC, l'échantillon préparé par frittage SPS à 1450°C (erreur ± 10°C) a une granulométrie de 0,3 micron (erreur ± 0,01 micron) et une densité de plus de 99,5% (erreur ± 0,1%), ce qui démontre pleinement l'efficacité et la précision du processus SPS.
Mécanisme et analyse du carbure cémenté ultrafin/nano

L'effet de densification rapide du procédé SPS (densité supérieure à 99,5 %, erreur ± 0,1 %) est principalement dû à la zone de température locale élevée (plus de 2 000 °C, erreur ± 50 °C) et à l'activation plasma (intensité du champ électrique supérieure à 10 V/mm, erreur ± 1 V/mm). Ces conditions favorisent significativement la liaison entre les particules de WC (énergie d'interface d'environ 1 joule/m^2, erreur ± 0,1 joule/m^2). Parallèlement, le VC et le Cr_3C_2 précipitent de minuscules particules à la limite des grains par réaction chimique, dont l'équation de réaction est la suivante :

$$VC \rightarrow V + C \text{ (析出温度 } 1200^{\circ}C \pm 10^{\circ}C)$$

Ces phases précipitées (taille d'environ 0,05 micron, erreur ± 0,01 micron) réduisent le taux de croissance des grains d'environ 50 % (erreur ± 5 %) grâce au mécanisme de jointure de grains, maintenant efficacement la taille des grains à l'échelle nanométrique. De plus, Cr_3C_2 réduit encore la porosité du matériau (porosité inférieure à 0,1 %, erreur ± 0,02 %) en améliorant la mouillabilité de la phase Co (angle de contact inférieur à 10 degrés, erreur ± 1 degré), améliorant ainsi la densité et les propriétés mécaniques du matériau.

Français L'analyse SEM a montré que la distribution des grains de l'échantillon WC6Co0.5VC présentait une grande uniformité (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %), et la TEM a confirmé la distribution de la phase précipitée de VC (espacement d'environ 0,1 micron, erreur ± 0,01 micron), prouvant le rôle clé des inhibiteurs dans le contrôle des joints de grains. Les résultats des tests EDS montrent également que les inhibiteurs sont répartis uniformément dans le matériau (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %), garantissant ainsi la stabilité des performances. Cependant, lorsque la taille des grains dépasse 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron), la dureté du matériau diminue d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui indique que le contrôle de la taille des grains est le principal défi de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

l'optimisation des performances.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté ultrafin/nano

L'effet de préparation et les performances finales du carbure cémenté ultrafin/nano sont affectés par une variété de facteurs, et le meilleur équilibre doit être atteint par un ajustement précis des paramètres du processus :

Température de frittage SPS

Lorsque la température est contrôlée à 1450°C (erreur ±10°C), la taille des grains peut être stabilisée à moins de 0,5 micron (erreur ±0,01 micron) ; mais lorsque la température dépasse 1600°C (erreur ±10°C), la taille des grains augmentera d'environ 20 % (erreur ±3 %), ce qui est étroitement lié à la croissance thermiquement activée des grains.

Teneur en inhibiteurs

Lorsque la teneur en VC est de 0,5 % (erreur ± 0,01 %), l'effet d'affinement du grain est optimal ; mais lorsque la teneur dépasse 1 % (erreur ± 0,01 %), la ténacité diminue d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui peut être dû à la concentration de contrainte aux limites des grains causée par des inhibiteurs excessifs.

Appliquer une pression

Dans la plage de pression de 50 MPa à 100 MPa (erreur ±1 MPa), la densité du matériau peut atteindre plus de 99,5 % (erreur ±0,1 %) ; si la pression est inférieure à 50 MPa (erreur ±1 MPa), la porosité augmentera d'environ 5 % (erreur ±1 %), affectant la densité du matériau.

Taille de la poudre de matière première

Lorsque la taille initiale des particules de poudre est inférieure à 0,2 μm (erreur ± 0,01 μm), l'effet de contrôle des grains est meilleur ; si la taille des particules dépasse 0,5 μm (erreur ± 0,01 μm), la taille des grains augmentera d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui est lié à la dispersion uniforme de la poudre.

Temps de frittage

Lorsque le temps de frittage est contrôlé entre 5 et 10 minutes (erreur ± 1 minute), la taille des grains reste stable ; s'il dépasse 15 minutes (erreur ± 1 minute), la taille des grains augmentera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui indique qu'un temps trop long provoquera une croissance des grains.
En prenant le WC6Co1VC comme exemple, en raison de la teneur élevée en VC (1 % ± 0,01 %), la ténacité du matériau est tombée à 10 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ± 0,5), ce qui suggère que le rapport d'ajout d'inhibiteur doit être optimisé pour équilibrer la dureté et la ténacité.

Stratégie d'optimisation du carbure cémenté ultrafin/nano

Pour obtenir une granulométrie inférieure à 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron) et une densité supérieure à 99,5 % (erreur ± 0,1 %), les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation des paramètres du processus

En utilisant le procédé SPS, la température de frittage a été fixée à 1450°C (erreur ±10°C), la pression appliquée était de 80 MPa (erreur ±1 MPa) et le temps de frittage a été contrôlé entre 5 et 10 minutes (erreur ±1 minute) pour assurer un double contrôle de la taille et de la densité des grains.

Optimisation des inhibiteurs

La teneur en VC est ajustée entre 0,2 % et 0,5 % (erreur ± 0,01 %) et la teneur en Cr_3C_2 est ajustée entre 0,5 % et 1 % (erreur ± 0,01 %) pour obtenir la meilleure combinaison d'ancrage des joints de grains et de mouillabilité.

Contrôle de la poudre

Sélectionnez une poudre de matière première avec une granulométrie initiale inférieure à 0,2 micron (erreur ± 0,01 micron) et assurez-vous que la pureté est supérieure à 99,9 % (erreur ± 0,1 %) pour réduire l'interférence des impuretés sur la croissance des grains.

Protection de l'atmosphère

Le frittage est réalisé dans un environnement sous vide avec une pression maintenue en dessous de 10^{-2}Pa ($\pm10^{-3}$ Pa) pour éviter l'oxydation et la contamination, garantissant ainsi une grande pureté du matériau.

Spécifications de test

La taille des grains a été mesurée à l'aide de SEM et TEM, et la distribution des grains a été analysée à l'aide de la norme ASTM E112 pour vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, l'alliage WC6Co0.5VC a été fritté à 1450°C (erreur ±10°C) par SPS, et la taille des grains a atteint 0,3 μm (erreur ±0,01 μm) et la dureté a atteint HV 2450 (erreur ±50), ce qui a pleinement vérifié l'efficacité de la stratégie d'optimisation ci-dessus.

Le procédé SPS combiné à la technologie des inhibiteurs **dans l'ingénierie du carbure cémenté ultrafin/nano**
a donné de bons résultats dans de nombreux scénarios de haute précision, notamment :

Préparation d'outils de précision

L'alliage WC6Co0.5VC (granulométrie 0,3 micron , erreur ±0,01 micron) a une dureté de HV 2450 (erreur ±50) et une durée de vie de plus de 5000 heures (erreur ±500 heures), ce qui le rend particulièrement adapté aux tâches d'usinage qui nécessitent une précision de coupe élevée.

Fabrication de micro-moules

L'alliage WC8Co0.5Cr_3 C_2 (densité supérieure à 99,5 %, erreur ±0,1 %) a une précision de traitement inférieure à 0,1 micron (erreur ±0,01 micron) et une durée de vie de plus de 10^5 fois (erreur $\pm10^4$ fois), répondant aux exigences de moulage complexes des micro-pièces.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Matériaux d'emballage électronique

L'alliage WC6Co0.2VC (granulométrie 0,2 micron , marge d'erreur ± 0,01 micron) présente une excellente résistance à l'usure et un taux d'usure aussi faible que 0,02 mm³/N·m (marge d'erreur ± 0,01 mm³/N·m). Il est largement utilisé dans le conditionnement de composants électroniques haute fiabilité.

Ces applications démontrent pleinement que le procédé SPS et la technologie des inhibiteurs peuvent efficacement permettre un contrôle précis des grains ultrafins et améliorer considérablement les performances globales des matériaux.

10.3.1.2 Avantages des performances du carbure cémenté ultrafin/nano : Dureté HV > 2400, Ténacité > 12 MPa·m ¹ / ²

Aperçu des principes de base et des technologies du carbure cémenté ultrafin/nano

Le carbure cémenté ultrafin/nano a une granulométrie inférieure à 0,5 micron (erreur ±0,01 micron) et sa densité aux joints de grains est considérablement améliorée (plus de 10 ¹ ⁴ m ⁻ ² , erreur ±10 ¹³ m ⁻ ²), de sorte que sa dureté atteint HV 2400 (erreur ±50), sa ténacité dépasse 12 MPa·m ¹ / ² (erreur ±0,5) et sa résistance à l'usure est également excellente (le taux d'usure est inférieur à 0,03 mm ³ /N · m, erreur ±0,01 mm ³ /N · m). La dureté élevée résulte principalement du renforcement des joints de grains, tandis que l'amélioration de la ténacité est due à la réduction de la longueur du trajet de propagation des fissures (moins de 0,05 mm, erreur ± 0,01 mm) par les grains fins, améliorant ainsi la résistance à la rupture du matériau. Cette combinaison de propriétés le rend particulièrement adapté aux applications exigeantes telles que l'usinage de haute précision (rugosité de surface Ra inférieure à 0,01 micron , erreur ± 0,001 micron) et la fabrication de micro-pièces (durée de vie supérieure à 10^4 heures, erreur ± 10^3 heures).

Afin d' évaluer pleinement ces propriétés, des méthodes d'essai normalisées sont nécessaires, notamment l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge d'essai 10 kg, erreur ± 0,1 kg), l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision de mesure ± 0,5 MPa·m ¹ / ²) et l'essai de performance d'usure (ASTM G99, charge d'essai 10 Newton, erreur ± 0,1 Newton). Prenons l'alliage WC6Co0.5VC comme exemple, sa granulométrie est de 0,3 micron (erreur ± 0,01 micron), sa dureté atteint HV 2450 (erreur ± 50), sa ténacité est de 13 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5) et son taux d'usure est aussi faible que 0,02 mm ³ /N · m (erreur ± 0,01 mm ³ /N · m), ce qui démontre pleinement les excellentes performances du carbure cémenté ultrafin/nano.

Le carbure cémenté ultrafin/nano

est étroitement lié à la réduction de la taille des grains. Cette relation peut être décrite par l'équation de Hall-Petch :

$$H = H_0 + k \cdot d^{-1/2}$$

Où H0 représente la dureté de la matrice (environ HV 1000, erreur ±50), k est le facteur de renforcement (environ 500 MPa·μm ¹ / ² , erreur ±50 MPa·μm ¹ / ²) et $_d$ est la taille des grains (par exemple 0,3 micron, erreur ±0,01 micron). Lorsque la taille des grains est réduite à 0,3 micron

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(erreur ±0,01 micron), la dureté peut être augmentée jusqu'à HV 2450 (erreur ±50), grâce à l'augmentation du nombre de joints de grains et à l'augmentation de la densité de dislocations. Français L'augmentation de la ténacité provient de l'effet du glissement des joints de grains (la densité des joints de grains dépasse $10^{14} m^{-2}$, erreur $\pm 10^{13} m^{-2}$) , qui peut absorber l'énergie externe (plus de 60 joules/m2, erreur ±5 joules/m2), réduisant ainsi le taux de croissance des fissures d'environ 30 % (erreur ±5 %). De plus, la structure en réseau de la phase Co (fraction volumique 6 %, erreur ±1 %) fournit le support plastique nécessaire dans le matériau, maintenant la ténacité au-dessus de 12 $MPa \cdot m^{1/2}$ (erreur ±0,5).

Grâce à l'analyse SEM, la distribution des grains de l'alliage WC6Co0.5VC est très uniforme (écart inférieur à 0,1 %, erreur de ± 0,02 %), et la distribution de la phase Co est relativement continue (couverture supérieure à 95 %, erreur de ± 2 %). La TEM a en outre confirmé la clarté de la structure des joints de grains (largeur inférieure à 0,01 micron , erreur de ± 0,001 micron), fournissant une base microscopique pour une ténacité élevée. Français Les tests de performance d'usure montrent que le taux d'usure de l'alliage n'est que de 0,02 $mm^3/N \cdot m$ (erreur de ±0,01 $mm^3/N \cdot m$), ce qui est nettement meilleur que l'alliage WC6Co à grains fins (taille des grains de 0,5 micron , erreur de ± 0,01 micron , taux d'usure de 0,04 $mm^3/N \cdot m$, erreur de ±0,01 $mm^3/N \cdot m$). Cependant, lorsque la taille des grains dépasse 0,5 µm (erreur de ±0,01 µm), la dureté diminue d'environ 10 % (erreur de ±2 %) et la ténacité diminue d'environ 5 % (erreur de ±1 %), ce qui suggère qu'un contrôle précis de la taille des grains est crucial.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté ultrafin/nano

Les performances du carbure cémenté ultrafin/nano sont affectées par de nombreux facteurs, et l'équilibre des performances doit être atteint grâce à l'optimisation du processus et de la composition :

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est comprise entre 0,2 µm et 0,3 µm (erreur ± 0,01 µm), la dureté peut être stabilisée au-dessus de HV 2400 (erreur ± 50) ; mais si elle dépasse 0,5 µm (erreur ± 0,01 µm), la dureté chutera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui est lié à l'affaiblissement du renforcement des joints de grains.

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est contrôlée entre 6 % et 8 % (erreur ± 1 %), la ténacité peut être maintenue au-dessus de 12 $MPa \cdot m^{1/2}$ (erreur ± 0,5) ; mais si elle dépasse 10 % (erreur ± 1 %), la dureté diminuera d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui peut être dû à l'effet adoucissant de la phase Co.

Ajout d'inhibiteur

Lorsque la teneur en VC est de 0,5 % (erreur ± 0,01 %), les performances de dureté sont optimales ; mais si elle dépasse 1 % (erreur ± 0,01 %), la ténacité diminuera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui peut être causé par des inhibiteurs excessifs conduisant à des contraintes aux limites des grains.

Procédé de frittage

Lorsque le procédé SPS est utilisé et contrôlé à 1450°C (erreur ±10°C), les performances sont

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

excellentes ; si le procédé de frittage conventionnel est utilisé, la taille des grains augmentera d'environ 20% (erreur ±3%), affectant les propriétés du matériau.

Charges externes

Lorsque la vitesse de coupe dépasse 1000 m/min (erreur ±10 m/min), la résistance à l'usure est exceptionnelle ; cependant, lorsque le nombre d'impacts dépasse 10^5 fois (erreur ±10^4 fois), la ténacité doit être davantage optimisée pour s'adapter à l'environnement à fortes contraintes.
Prenons l'exemple du WC10Co0.5VC : en raison de la teneur élevée en Co (10 % ± 1 %), la dureté chute à HV 2300 (erreur ± 50), ce qui indique qu'une augmentation excessive de la teneur en Co affaiblira l'effet de renforcement des limites de grains.

Pour obtenir une dureté supérieure à HV 2400 (erreur ±50) et une ténacité supérieure à 12 MPa·$m^{1/2}$ (erreur ±0,5), les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées **:**

Contrôle de la granulométrie

Grâce au procédé SPS et aux inhibiteurs VC/Cr_3C_2, la taille des grains est contrôlée entre 0,2 µm et 0,3 µm (erreur ± 0,01 µm) pour maximiser l'effet de renforcement des limites des grains.

Ajustement du contenu Co

La teneur en Co est maintenue entre 6% et 8% (±1%) pour obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité.
Optimisation de l'inhibiteur : la teneur en VC a été ajustée à 0,2 % à 0,5 % (erreur ± 0,01 %) et la teneur en Cr_3C_2 a été ajustée à 0,5 % à 1 % (erreur ± 0,01 %) pour optimiser l'épinglage des joints de grains et la mouillabilité.

Traitement de surface

Grâce au processus de polissage de précision, la rugosité de surface peut être contrôlée à Ra inférieur à 0,01 micron (erreur ± 0,001 micron) et le taux d'usure peut être réduit d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Spécifications de test

La dureté est testée selon la norme ASTM E92, la ténacité à la rupture est testée selon la norme ISO 28079 et les performances d'usure sont testées selon la norme ASTM G99 pour garantir l'exactitude des données.

Par exemple, la dureté de l'alliage WC6Co0.5VC (taille des grains 0,3 µm , erreur ±0,01 µm) atteint HV 2450 (erreur ±50) et la ténacité est de 13 MPa·$m^{1/2}$ (erreur ±0,5), ce qui vérifie pleinement l'efficacité de la stratégie d'optimisation.

Applications techniques du carbure cémenté ultrafin/nano

Le carbure cémenté ultrafin/nano présente une excellente dureté et ténacité et fonctionne bien dans

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de nombreux scénarios d'application de haute précision, notamment :

Outils de précision

L'alliage WC6Co0.5VC (dureté HV 2450, erreur ±50) a une précision de coupe inférieure à 0,1 micron (erreur ±0,01 micron) et une durée de vie de plus de 5000 heures (erreur ±500 heures), ce qui est particulièrement adapté au traitement complexe dans les industries aéronautique et électronique.

Micro-moisissure

L'alliage WC8Co0.5Cr₃ C₂ (ténacité 13 MPa·m¹ / ², erreur ±0,5) a une durée de vie de plus de 10^5 fois (erreur ±10^4 fois), répondant aux exigences de moulage de précision des micro-pièces.

Composants électroniques

L'alliage WC6Co0.2VC (taux d'usure 0,02 mm³/N·m, erreur ±0,01 mm³/N·m) présente une rugosité de surface Ra inférieure à 0,01 micron (erreur ±0,001 micron) et une excellente résistance à l'usure. Il est largement utilisé dans les boîtiers électroniques haute fiabilité.

Ces applications démontrent pleinement que le carbure cémenté à grains ultrafins peut atteindre à la fois une dureté et une ténacité élevées, améliorant considérablement sa compétitivité dans le domaine de la fabrication de haute précision.

10.3.1.3 Applications du carbure cémenté ultrafin/nano : outils de précision et micro-usinage

de

précision et du micro-usinage en raison de sa dureté supérieure à HV 2400 (erreur ± 50), de son excellente résistance à l'usure (taux d'usure inférieur à 0,03 mm³/N·m, erreur ± 0,01 mm³/N·m) et de son excellente qualité de surface (rugosité de surface Ra inférieure à 0,01 micron, erreur ± 0,001 micron). Français Ces outils peuvent maintenir une haute précision (précision d'usinage inférieure à 0,1 micron, erreur ± 0,01 micron) à des vitesses de coupe supérieures à 1000 m/min (erreur ± 10 m/min), et sa densité de joint de grain élevée (supérieure à $10^{14} m^{-2}$, erreur ± $10^{13} m^{-2}$) assure la stabilité thermique et mécanique du matériau. Les scénarios d'application incluent l'industrie électronique (durée de vie du moule supérieure à 10^5 fois, erreur ± 10^4 fois), la fabrication de dispositifs médicaux (précision d'usinage inférieure à 0,05 micron, erreur ± 0,01 micron) et le domaine aéronautique (durée de vie de l'outil supérieure à 5000 heures, erreur ± 500 heures).

Afin de vérifier ses performances d'application, des tests de coupe (ISO 3685, précision de mesure ± 0,01 mm), des mesures de rugosité de surface (ISO 4287, précision de mesure ± 0,001 micron) et des tests de performance d'usure (ASTM G99, précision de mesure ± 0,01 mm³ / N · m) sont nécessaires. Prenons l'exemple de l'alliage WC6Co0.5VC : sa granulométrie est de 0,3 micron (erreur ± 0,01 micron), sa durée de vie de coupe dépasse 5 000 heures (erreur ± 500 heures) et sa rugosité de surface Ra est inférieure à 0,01 micron (erreur ± 0,001 micron), ce qui démontre pleinement ses avantages dans l'usinage de haute précision.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Mécanisme et analyse du carbure cémenté ultrafin/nano

Les grains fins (taille 0,3 micron, erreur ± 0,01 micron) améliorent significativement la dureté (atteignant HV 2450, erreur ± 50) grâce au mécanisme de renforcement des joints de grains (la densité des joints de grains dépasse $10^{14} m^{-2}$, erreur ± $10^{13} m^{-2}$) , tout en réduisant la zone affectée thermiquement lors de la coupe (moins de 0,05 mm, erreur ± 0,01 mm). Français La phase Co (teneur 6 %, erreur ± 1 %) forme un réseau continu dans le matériau, fournissant la ténacité nécessaire (ténacité 13 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ± 0,5), empêchant efficacement l'outil de s'écailler pendant la coupe à grande vitesse (profondeur d'écaillage inférieure à 0,01 mm, erreur ± 0,001 mm). Le faible taux d'usure (0,02 $mm^3 / N \cdot m$, erreur ± 0,01 $mm^3 / N \cdot m$) est dû à la distribution uniforme des grains (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %), tandis que le processus de polissage de surface (Ra inférieur à 0,01 micron , erreur ± 0,001 micron) réduit encore le coefficient de frottement (inférieur à 0,3, erreur ± 0,05), améliorant ainsi la durabilité de l'outil.

Français Grâce à l'analyse SEM, la morphologie d'usure de l'alliage WC6Co0.5VC après coupe est uniforme (profondeur d'usure inférieure à 0,01 mm, erreur ± 0,001 mm), et le test EDS confirme la distribution uniforme de la phase Co (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %). Les résultats du test de coupe montrent que la durée de vie de l'alliage dépasse 5 000 heures (erreur ± 500 heures), ce qui est nettement amélioré par rapport à l'alliage WC6Co à grains fins (grain 0,5 micron , erreur ± 0,01 micron , durée de vie 4 000 heures, erreur ± 500 heures). Cependant, lorsque la taille des grains dépasse 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron), le taux d'écaillage augmente d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui suggère que le contrôle de la taille des grains est la clé de l'optimisation de l'application.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté ultrafin/nano

L'effet d'application du carbure cémenté ultrafin/nano est limité par de nombreux facteurs, et les performances doivent être améliorées en optimisant le processus et les conditions d'utilisation :

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est comprise entre 0,2 micron et 0,3 micron (erreur ± 0,01 micron), la précision du traitement est optimale ; si elle dépasse 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron), la rugosité de surface Ra augmentera d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est contrôlée entre 6 % et 8 % (erreur ± 1 %), les performances anti-écaillage sont excellentes ; mais si elle dépasse 10 % (erreur ± 1 %), le taux d'usure augmentera d'environ 15 % (erreur ± 3 %).

Traitement de surface

Lorsque la rugosité de surface est contrôlée à Ra inférieur à 0,01 micron (erreur ± 0,001 micron) par polissage, la durée de vie de l'outil peut être augmentée d'environ 20 % (erreur ± 3 %) ; si la rugosité dépasse 0,05 micron (erreur ± 0,01 micron), le taux d'usure augmentera d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Vitesse de coupe

Lorsque la vitesse de coupe dépasse 1000 m/min (erreur ±10 m/min), l'alliage WC6Co0.5VC fonctionne bien ; mais si elle est inférieure à 500 m/min (erreur ±10 m/min), son avantage de performance sera considérablement affaibli.

Matériau de la pièce

Pour les pièces en carbure dont la dureté dépasse HV 1000 (erreur ±50), la résistance à l'usure est exceptionnelle ; cependant, pour les matériaux tendres, l'avantage de performance peut être redondant.

Prenons l'exemple du WC10Co0,5VC : en raison de la teneur élevée en Co (10 % ± 1 %), la précision de coupe est tombée à 0,2 µm (erreur ± 0,01 µm), ce qui indique que l'optimisation de la teneur en Co est cruciale pour la précision.

Stratégie d'optimisation du carbure cémenté ultrafin/nano

Pour obtenir une précision d'usinage inférieure à 0,1 micron (erreur ± 0,01 micron) et une durée de vie supérieure à 5 000 heures (erreur ± 500 heures), les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Contrôle de la granulométrie

Grâce au procédé SPS et à l'inhibiteur VC, la granulométrie est contrôlée entre 0,2 micron et 0,3 micron (erreur ± 0,01 micron) pour garantir une haute précision et une résistance à l'usure.

Ajustement du contenu Co

La teneur en Co est maintenue entre 6% et 8% (±1%) pour éviter l'écaillage et maintenir la ténacité.

Optimisation de surface

Grâce à un processus de polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra inférieur à 0,01 micron (erreur ± 0,001 micron) et le coefficient de frottement est réduit à moins de 0,3 (erreur ± 0,05).

Assistance au revêtement

L'application d'un revêtement TiAlN (épaisseur 2 microns, tolérance ± 0,1 micron) peut augmenter la durée de vie de l'outil d'environ 30 % (tolérance ± 5 %).

Spécifications des tests : Des tests de coupe ont été réalisés conformément à la norme ISO 3685 et la rugosité de surface a été mesurée conformément à la norme ISO 4287 pour vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, l'alliage WC6Co0.5VC (rugosité de surface Ra inférieure à 0,01 µm , erreur ±0,001 µm) a une précision de coupe inférieure à 0,1 µm (erreur ±0,01 µm) et une durée de vie de plus de 5 000 heures (erreur ±500 heures), ce qui démontre pleinement le succès de la stratégie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

d'optimisation.

Applications techniques du carbure cémenté ultrafin/nano

Le carbure cémenté ultrafin/nano fonctionne bien dans les scénarios de micro-usinage de haute précision suivants :

Outils de traitement de moules à semi-conducteurs

L'alliage WC6Co0.5VC (dureté HV 2450, erreur ±50) a une précision d'usinage inférieure à 0,05 micron (erreur ±0,01 micron) et une durée de vie de plus de 10 ^{5} fois (erreur ±10 ^{4} fois), répondant aux exigences de très haute précision de l'industrie des semi-conducteurs.

Outils de traitement d'équipements médicaux

L'alliage WC8Co0.5Cr_3 C_2 (rugosité de surface Ra inférieure à 0,01 micron , erreur ±0,001 micron) a une précision de coupe inférieure à 0,1 micron (erreur ±0,01 micron) et une durée de vie de plus de 5000 heures (erreur ±500 heures), ce qui convient à la fabrication médicale de haute propreté.

Outils de traitement de pièces d'aviation

L'alliage WC6Co0.2VC (taux d'usure 0,02 mm^3 / N · m, erreur ±0,01 mm^3 / N · m) a une durée de vie de plus de 5 000 heures (erreur ± 500 heures) et est performant dans la découpe à grande vitesse dans le domaine de l'aviation.

Ces applications démontrent pleinement que le carbure cémenté à grains ultrafins est devenu le matériau de base dans le domaine du micro-usinage de haute précision en raison de ses excellentes performances, et ses perspectives de développement méritent d'être explorées et optimisées davantage.

10.3.2 Carbure cémenté à grains fins

Le carbure cémenté à grains fins se caractérise par une granulométrie comprise entre 0,5 et 2 microns (tolérance ± 0,01 micron), ce qui lui permet d'atteindre un bon équilibre entre dureté (HV 1800-2200, tolérance ± 30) et ténacité (10-15 MPa·m^{1} / ^{2}, tolérance ± 0,5), tout en offrant une résistance à l'usure modérée (taux d'usure 0,04-0,06 mm^3/N·m, tolérance ± 0,01 mm^3/N·m). Cette combinaison de propriétés le rend particulièrement adapté à l'usinage général (durée de vie supérieure à 4000 heures, tolérance ± 500 heures) et à la fabrication de pièces résistantes à l'usure (durée de vie supérieure à 10^5 fois, tolérance ± 10^4 fois). Le procédé de préparation du carbure cémenté à grains fins est relativement mature, utilisant généralement la technologie du frittage en phase liquide, avec une température de frittage contrôlée à 1 450 °C (erreur de ± 10 °C). Son faible coût de production (moins de 10 USD/kg, erreur de ± 0,5 USD/kg) lui confère des avantages économiques significatifs et de vastes perspectives d'application en production industrielle.

Cette section analysera en détail les performances et les applications spécifiques du carbure cémenté à grains fins, et explorera en profondeur les avantages de la dureté, de la ténacité et de la résistance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

à l'usure, ainsi que sa valeur pratique dans le domaine de la coupe générale et des pièces résistantes à l'usure. Grâce à une étude systématique de la technologie de préparation, des mécanismes de performance et des scénarios d'application, cette section vise à fournir un soutien technique complet et des conseils pratiques aux ingénieurs et chercheurs des domaines concernés.

10.3.2.1 Caractéristiques de performance du carbure cémenté à grains fins : dureté HV 1800-2200

Principes de base et aperçu technique du carbure cémenté à grains fins

Le carbure cémenté à grains fins est caractérisé par une granulométrie de 0,5 micron à 2 microns (erreur ± 0,01 micron) et atteint une plage de dureté de HV 1800 à 2200 (erreur ± 30) grâce à un mécanisme de renforcement des joints de grains (la densité des joints de grains est d'environ 10^{13} m^{-2}, erreur ± 10^{12} m^{-2}) . Français Parmi eux, le Co comme phase de liaison (teneur de 6 % à 15 %, erreur ± 1 %) assure la ténacité (10-15 MPa·$m^{1/2}$, erreur ± 0,5) grâce à sa capacité de déformation plastique, tandis que la résistance à l'usure du matériau reste à un niveau modéré (taux d'usure de 0,04-0,06 mm^3 /N · m, erreur ± 0,01 mm^3 /N · m). Cette caractéristique de performance le rend particulièrement adapté à la coupe à vitesse moyenne (vitesse de coupe de 500 à 1 000 m/min, erreur ± 10 m/min) et aux pièces utilisées dans des conditions de charge moyenne (durabilité supérieure à 10^5 fois, erreur ± 10^4 fois), répondant à une variété de besoins industriels tout en tenant compte de la dureté et de la ténacité.

Afin d' évaluer avec précision ses performances, des méthodes d'essai normalisées sont nécessaires, notamment l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge d'essai 10 kg, erreur ± 0,1 kg), l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision de mesure ± 0,5 MPa·$m^{1/2}$) et l'essai de performance d'usure (ASTM G65, charge d'essai 130 Newton, erreur ± 1 Newton). Prenons l'exemple de l'alliage WC10Co : sa granulométrie est de 1 micron (erreur ± 0,01 micron), sa dureté atteint HV 2000 (erreur ± 30), sa ténacité est de 12 MPa·$m^{1/2}$ (erreur ± 0,5) et son taux d'usure est d'environ 0,05 mm^3/N·m (erreur ± 0,01 mm^3/N·m), ce qui reflète pleinement les performances équilibrées du carbure cémenté à grains fins.

Mécanisme et analyse du carbure cémenté à grains fins.

La dureté du carbure cémenté à grains fins est principalement déterminée par la granulométrie. Cette relation peut être décrite par l'équation de Hall-Petch :

$$H = H_0 + k \cdot d^{-1/2}$$

Où H_0 représente la dureté de la matrice (environ HV 1000, erreur ±50), k est le facteur de renforcement (environ 500 MPa·$\mu m^{1/2}$, erreur ±50 MPa·$\mu m^{1/2}$) et d est la taille des grains (par exemple, 1 micron, erreur ±0,01 micron). Lorsque la taille des grains est de 1 micron (erreur ±0,01 micron), la dureté peut être stabilisée à HV 2000 (erreur ±30), grâce à l'augmentation du nombre de joints de grains et à l'augmentation de la densité de dislocations. Français La phase Co (teneur 10 %, erreur ± 1 %) absorbe l'énergie externe (plus de 50 joules/mètre carré, erreur ± 5 joules/mètre carré) par déformation plastique (allongement d'environ 1 %, erreur ± 0,1 %), de sorte que la ténacité atteint

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

12 MPa·m¹ /² (erreur ± 0,5). De plus, le taux d'usure est maintenu à 0,05 mm³/N·m (erreur ± 0,01 mm³/N·m), ce qui est dû à l'uniformité de la distribution des joints de grains (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %) et à la continuité du réseau Co (couverture supérieure à 95 %, erreur ± 2 %).

Français Par analyse SEM, la distribution des grains de l'alliage WC10Co est très uniforme (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %), et la distribution de la phase Co est relativement continue (couverture supérieure à 95 %, erreur ± 2 %). Le test EDS a en outre confirmé la distribution uniforme de la teneur en Co (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %). Le test de performance d'usure montre que lorsque la taille des grains est de 1 micron (erreur ± 0,01 micron), le taux d'usure est stable à 0,05 mm³/N·m (erreur ± 0,01 mm³/N·m) ; mais lorsque la taille des grains dépasse 2 microns (erreur ± 0,01 micron), le taux d'usure augmente d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui est lié à l'affaiblissement du renforcement des joints de grains. La ténacité augmente avec l'augmentation de la teneur en Co. Lorsque la teneur en Co atteint 15 % (erreur ± 1 %), la ténacité peut être augmentée à 15 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5), mais cela entraînera également une diminution de la dureté, suggérant qu'une optimisation est nécessaire entre la dureté et la ténacité.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté à grains fins

Les performances du carbure cémenté à grains fins sont affectées par une combinaison de facteurs, et le meilleur équilibre de performances doit être atteint grâce à l'optimisation des paramètres du processus et de la conception de la composition :

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est comprise entre 0,5 μm et 1 μm (erreur ± 0,01 μm), la dureté peut être stabilisée au-dessus de HV 2000 (erreur ± 30) ; mais si elle dépasse 2 μm (erreur ± 0,01 μm), la dureté chutera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui est étroitement lié à l'affaiblissement du renforcement des joints de grains.

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 10 % (erreur ± 1 %), la ténacité atteint 12 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5) ; mais si elle dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la dureté diminuera d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui peut être dû à l'effet adoucissant de la phase Co.

Température de frittage

À une température de frittage de 1450°C (erreur ±10°C), la densité du matériau peut atteindre plus de 99,5% (erreur ±0,1%) ; mais si la température dépasse 1500°C (erreur ±10°C), la taille des grains augmentera d'environ 15% (erreur ±3%), affectant la dureté.

Ajout d'inhibiteur

L'ajout de 0,2 % (erreur ± 0,01 %) de VC peut stabiliser efficacement la taille des grains ; sans inhibiteurs, la taille des grains augmentera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui montre l'importance des inhibiteurs dans le contrôle des grains.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Charges externes

Lorsque la vitesse de coupe est comprise entre 500 et 1 000 m/min (erreur ± 10 m/min), les performances sont équilibrées ; mais si elle dépasse 1 000 m/min (erreur ± 10 m/min), le taux d'usure augmentera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), et les conditions d'utilisation devront être ajustées.

Prenons l'exemple du WC15Co : sa taille de grain est de 2 microns (erreur ± 0,01 micron) et sa dureté chute à HV 1800 (erreur ± 30), ce qui indique qu'une augmentation excessive de la taille des grains et de la teneur en Co affaiblira la dureté.

Pour obtenir une dureté supérieure à HV 2000 (erreur ±30) et une ténacité supérieure à 12 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ±0,5), les stratégies **d'optimisation**
suivantes sont recommandées :

Contrôle de la granulométrie

En ajoutant un inhibiteur VC, la taille des grains est contrôlée entre 0,5 μm et 1 μm (erreur ± 0,01 μm) pour maximiser l'effet de renforcement des limites des grains.

Ajustement du contenu Co

La teneur en Co est maintenue entre 8% et 12% (±1%) pour obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité.

Optimisation du processus de frittage : le processus de frittage en phase liquide a été adopté, la température de frittage a été fixée à 1450 °C (erreur ± 10 °C) et la pression appliquée était de 50 MPa (erreur ± 1 MPa) pour garantir que la densité dépasse 99,5 % (erreur ± 0,1 %).

Traitement de surface

Grâce au processus de polissage de précision, la rugosité de la surface peut être contrôlée à moins de Ra 0,05 micron (erreur ± 0,01 micron) et le taux d'usure peut être réduit d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Spécifications de test

La dureté est testée selon la norme ASTM E92 et la ténacité à la rupture est testée selon la norme ISO 28079 pour garantir l'exactitude des données.

Par exemple, la dureté de l'alliage WC10Co (taille des grains 1 μm , erreur ±0,01 μm) atteint HV 2000 (erreur ±30) et la ténacité est de 12 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ±0,5), ce qui vérifie pleinement l'efficacité de la stratégie d'optimisation.

Applications techniques du carbure cémenté à grains fins

Le carbure cémenté à grains fins fonctionne bien dans de nombreux scénarios généraux en raison de ses performances équilibrées et de ses avantages en termes de coût, notamment :

Coupe générale : l'alliage WC10Co (dureté HV 2000, tolérance ±30) a une durée de vie de coupe de plus de 4000 heures (tolérance ±500 heures), particulièrement adapté à la coupe à vitesse

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

moyenne de l'acier et de la fonte.

Pièces résistantes à l'usure

L'alliage WC12Co (taux d'usure 0,05 mm³ / N · m, erreur ± 0,01 mm³ / N · m) a une durée de vie de plus de 10 ⁵ fois (erreur ± 10 ⁴ fois) et est largement utilisé dans les revêtements résistants à l'usure et les pièces d'usure.

garniture mécanique

L'alliage WC8Co (ténacité 12 MPa·m ¹ / ² , erreur ±0,5) a une rugosité de surface Ra inférieure à 0,05 micron (erreur ±0,01 micron) et une excellente résistance à l'usure, ce qui le rend adapté à la fabrication de pompes, de vannes et de joints.

Ces applications démontrent pleinement que le carbure cémenté à grains fins est devenu un choix idéal dans les scénarios généraux en raison de ses excellentes performances et de ses caractéristiques de faible coût, et son champ d'application et son potentiel de marché méritent d'être explorés plus avant.

10.3.2.2 Application du carbure cémenté à grains fins : pièces de coupe et pièces résistantes à l'usure à usage général

Principes de base et aperçu technique du carbure cémenté à grains fins

Le carbure cémenté à grains fins (granulométrie de 0,5 micron à 2 microns, erreur ± 0,01 micron) présente un large potentiel d'application dans la fabrication d'outils de coupe à usage général et de pièces résistantes à l'usure en raison de sa plage de dureté de HV 1800 à 2200 (erreur ± 30), de sa ténacité de 10 à 15 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5) et de sa résistance à l'usure modérée (taux d'usure de 0,04 à 0,06 mm ³ /N · m, erreur ± 0,01 mm ³ /N · m). Français Ces outils peuvent maintenir des performances élevées à des vitesses de coupe de 500 à 1 000 m/min (erreur ± 10 m/min) et ont une durée de vie de plus de 4 000 heures (erreur ± 500 heures), tandis que la durée de vie des pièces résistantes à l'usure peut atteindre plus de 10 ⁵ fois (erreur ± 10 ⁴ fois). De plus, le carbure cémenté à grains fins a un faible coût de production (moins de 10 USD/kg, avec une erreur de ± 0,5 USD/kg) et est facile à mettre à l'échelle (la production annuelle dépasse 10 ⁴ kg, avec une erreur de ± 10 ³kg/an), ce qui lui confère des avantages économiques significatifs dans les applications industrielles.

Afin de vérifier ses performances d'application, des tests de coupe (ISO 3685, précision de mesure ± 0,01 mm), des tests de performance d'usure (ASTM G65, précision de mesure ± 0,01 mm³ / N · m) et des tests de performance de fatigue (ASTM E466, précision de mesure ± 10 ⁴ fois) sont nécessaires. Prenons l'exemple de l'alliage WC10Co, sa granulométrie est de 1 micron (erreur ± 0,01 micron), sa durée de vie de coupe dépasse 4 000 heures (erreur ± 500 heures) et son taux d'usure est d'environ 0,05 mm³ / N · m (erreur ± 0,01 mm³ / N · m), ce qui démontre pleinement ses excellentes performances en coupe générale.

Mécanisme et analyse du carbure cémenté à grains fins

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

La granulométrie du carbure cémenté à grains fins est de 1 micron (erreur ± 0,01 micron), ce qui confère une dureté HV 2000 (erreur ± 30) grâce au mécanisme de renforcement des joints de grains, tandis que la phase Co (teneur 10 %, erreur ± 1 %) assure la ténacité (ténacité 12 MPa·m $^{1/2}$, erreur ± 0,5) grâce à la déformation plastique, réduisant efficacement le taux de croissance des fissures (moins de 10^{-3} mm/s, erreur ± 10^{-4} mm/s). Le taux d'usure est maintenu à 0,05 mm³/N·m (erreur ± 0,01 mm³/N·m), ce qui est dû à l'uniformité de la distribution des joints de grains (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %) et à l'effet de réduction du frottement apporté par le processus de polissage de surface (rugosité de surface Ra inférieure à 0,05 micron, erreur ± 0,01 micron).

L'analyse SEM a révélé que la morphologie d'usure de l'alliage WC10Co après découpe est uniforme (profondeur d'usure inférieure à 0,05 mm, erreur ± 0,01 mm), et le test EDS confirme la répartition uniforme de la phase Co (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %). Les résultats du test de découpe montrent que la durée de vie de l'alliage WC10Co dépasse 4 000 heures (erreur ± 500 heures), ce qui est nettement supérieur à celui de l'alliage WC10Co à gros grains (grains de 3 microns, erreur ± 0,01 micron, durée de vie de 3 000 heures, erreur ± 500 heures). Cela démontre que la structure à grains fins présente des avantages évidents en termes de prolongation de la durée de vie et d'amélioration de la résistance à l'usure.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté à grains fins

L'effet d'application du carbure cémenté à grains fins est limité par de nombreux facteurs, et les performances doivent être améliorées par l'optimisation du processus et l'ajustement des conditions d'utilisation :

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est comprise entre 0,5 micron et 1 micron (erreur ± 0,01 micron), la durée de vie de l'outil est longue ; mais si elle dépasse 2 microns (erreur ± 0,01 micron), le taux d'usure augmentera d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 10 % (erreur ± 1 %), la ténacité est excellente ; mais si elle dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la dureté diminuera d'environ 15 % (erreur ± 3 %), affectant les performances de coupe.

Traitement de surface

Lorsque la rugosité de surface est contrôlée à moins de Ra 0,05 micron (erreur ± 0,01 micron) par polissage, la durée de vie de l'outil peut être augmentée d'environ 15 % (erreur ± 3 %) ; si la rugosité dépasse 0,1 micron (erreur ± 0,01 micron), le taux d'usure augmentera d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Vitesse de coupe

Dans la plage de vitesse de coupe de 500 à 1 000 m/min (erreur ± 10 m/min), les performances sont équilibrées ; mais si elles dépassent 1 000 m/min (erreur ± 10 m/min), le taux d'usure augmentera

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

d'environ 15 % (erreur ± 3 %).

Matériau de la pièce

Lors du traitement de l'acier (dureté HV inférieure à 500, erreur ± 50), les performances sont excellentes ; mais pour les pièces en carbure cémenté, une structure à grains ultra-fins est nécessaire pour améliorer la résistance à l'usure.

Prenons l'exemple du WC15Co : sa taille de grain est de 2 microns (erreur ± 0,01 micron) et sa durée de vie de coupe tombe à 3 500 heures (erreur ± 500 heures), ce qui indique qu'une augmentation excessive de la taille de grain et de la teneur en Co affaiblira les performances.

Pour atteindre une durée de vie de coupe supérieure à 4 000 heures (erreur ± 500 heures) et un taux d'usure inférieur à 0,06 mm³/N·m (erreur ± 0,01 mm³/N·m), les stratégies **d'optimisation suivantes** sont recommandées :

Contrôle de la granulométrie

Grâce au processus de frittage en phase liquide, la taille des grains est contrôlée entre 0,5 micron et 1 micron (erreur ± 0,01 micron) pour garantir une dureté et une résistance à l'usure élevées.

Ajustement du contenu Co

La teneur en Co est maintenue entre 8% et 12% (±1%) pour équilibrer la dureté et la ténacité.

Optimisation de surface

Grâce au processus de polissage de précision, la rugosité de surface peut être contrôlée à Ra inférieur à 0,05 micron (erreur ± 0,01 micron) et le taux d'usure peut être réduit d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Assistance au revêtement

L'application d'un revêtement TiN (épaisseur 2 microns, tolérance ± 0,1 micron) peut augmenter la durée de vie de l'outil d'environ 20 % (tolérance ± 3 %).

Spécifications de test

Des tests de coupe ont été effectués conformément à la norme ISO 3685 et les performances d'usure ont été testées conformément à la norme ASTM G65 pour vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, la durée de vie de coupe de l'alliage WC10Co (taille de grain 1 μm , erreur ±0,01 μm , rugosité de surface Ra inférieure à 0,05 μm , erreur ±0,01 μm) dépasse 4 000 heures (erreur ±500 heures), ce qui démontre pleinement le succès de la stratégie d'optimisation.

Applications techniques du carbure cémenté à grains fins

Le carbure cémenté à grains fins fonctionne bien dans les scénarios généraux de coupe et de résistance à l'usure suivants :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Outils de tournage en carbure à grains fins
L'alliage WC10Co (dureté HV 2000, tolérance ±30) a une durée de vie de coupe de plus de 4000 heures (tolérance ±500 heures) et est particulièrement adapté au tournage général de l'acier et de la fonte.

Revêtement en carbure à grains fins résistant à l'usure
L'alliage WC12Co (taux d'usure 0,05 mm^3 / N · m, erreur ± 0,01 mm^3 / N · m) a une durée de vie de plus de 10^5 fois (erreur ± 10^4 fois) et est largement utilisé dans les pièces résistantes à l'usure dans les industries minières et de la construction.

Pièces de pompe et de vanne en carbure à grains fins
L'alliage WC8Co (ténacité 12 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ±0,5) a une rugosité de surface Ra inférieure à 0,05 micron (erreur ±0,01 micron) et une excellente résistance à l'usure, ce qui le rend adapté à la fabrication de pompes et de vannes dans les industries chimiques et pétrolières.

Ces applications démontrent pleinement que le carbure cémenté à grains fins est devenu un matériau idéal pour la fabrication de pièces de coupe et résistantes à l'usure en raison de ses performances équilibrées, de son faible coût et de son efficacité de production élevée, et que son champ d'application et son potentiel de marché méritent une nouvelle expansion.

10.3.3 Carbure cémenté à grains moyens/gros

Le carbure cémenté à grains moyens/grossiers se caractérise par une granulométrie comprise entre 2 et 10 microns (erreur ± 0,01 micron). Cette granulométrie plus importante lui confère une ténacité élevée (plus de 20 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ± 0,5), tandis que sa dureté est relativement faible (HV 1300-1800, erreur ± 30), mais sa résistance aux chocs est excellente (plus de 10^6 fois, erreur ± 10^5 fois), ce qui le rend particulièrement adapté à l'industrie minière (durée de vie des forets supérieure à 10^4 heures, erreur ± 10^3 heures) et à la fabrication d'outils lourds (résistance aux chocs supérieure à 10^6 fois, erreur ± 10^5 fois). Le processus de préparation du carbure cémenté à grains moyens/grossiers est relativement simple, utilisant généralement une technologie de frittage avec une plage de température de 1450°C à 1500°C (erreur ±10°C) et un faible coût de production (moins de 8 USD/kg, erreur ±0,5 USD/kg), ce qui le rend considérablement rentable et pratique dans les domaines nécessitant une ténacité et une résistance aux chocs élevées.

Cette section détaille les deux aspects de l'optimisation de la ténacité et leurs applications spécifiques. Elle analyse en profondeur les caractéristiques techniques et les avantages du carbure cémenté à grains moyens/gros pour la conception à haute ténacité, les mécanismes performants et les applications d'outils miniers et lourds. Grâce à une étude systématique des procédés de préparation, des facteurs d'influence et des stratégies d'optimisation, cette section vise à fournir des références techniques complètes et des conseils pratiques aux ingénieurs et chercheurs des domaines concernés.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.3.3.1 Optimisation de la ténacité du carbure cémenté à grains moyens/gros

Principes de base et aperçu technique du carbure cémenté à grains moyens/gros

Le carbure cémenté à grains moyens/gros se caractérise par une granulométrie de 2 à 10 microns (erreur ± 0,01 micron) et améliore considérablement la ténacité (plus de 20 MPa·m $^{1/2}$, erreur ± 0,5) grâce à une teneur en Co plus élevée (15 % à 20 %, erreur ± 1 %) et une granulométrie plus grande. Bien que sa dureté varie de HV 1300 à 1800 (erreur ± 30), ce qui est inférieur à celui des alliages à grains fins ou ultra-fins, il présente une résistance aux chocs extrêmement élevée (plus de 10^6 fois, erreur ± 10^5 fois), ce qui le rend particulièrement adapté aux scénarios à fort impact tels que les forets miniers et les matrices de forge. Une taille de grain plus grande (par exemple 5 microns, erreur ± 0,01 micron) entraîne une densité de joint de grain plus faible (environ 10^{12} m^{-2}, erreur ± 10^{11} m^{-2}), ce qui réduit la dureté mais améliore considérablement la résistance à la propagation des fissures du matériau, ce qui lui permet de bien fonctionner lorsqu'il est soumis à des contraintes élevées.

Français Afin d' évaluer avec précision sa ténacité et ses propriétés d'impact, des méthodes d'essai normalisées sont nécessaires, notamment l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision de mesure ± 0,5 MPa·m $^{1/2}$), l'essai d'impact (ASTM E23, précision de mesure ± 10^4 fois) et l'essai de dureté (ASTM E92, charge d'essai 10 kg, erreur ± 0,1 kg). Prenons l'alliage WC20Co comme exemple, sa granulométrie est de 5 microns (erreur ± 0,01 micron), sa ténacité atteint 22 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ± 0,5), sa dureté est HV 1400 (erreur ± 30) et sa résistance aux chocs dépasse 10^6 fois (erreur ± 10^5 fois), ce qui démontre pleinement l'excellente performance du carbure cémenté à grains moyens/grossiers dans la conception à haute ténacité.

Mécanisme et analyse du

carbure cémenté à grains moyens/gros. La ténacité du carbure cémenté à grains moyens/gros est principalement déterminée par la capacité de déformation plastique de la phase Co et la granulométrie. Cette relation peut être décrite par le mécanisme suivant :

$$K_{Ic} \propto f_{Co} \cdot d^{1/2}$$

Où d est la taille des grains (par exemple 5 μm , erreur de ±0,01 μm) et fCo_{est} la fraction volumique de Co (par exemple 20 %, ± 1 %). Le réseau de Co (fraction volumique 20 %, ± 1 %) absorbe l'énergie d'impact (plus de 100 J/m², erreur de ± 10 J/m²) grâce à sa grande plasticité (allongement d'environ 1 %, ± 0,1 %), ce qui se traduit par une ténacité de 22 MPa·m$^{1/2}$ (erreur de ± 0,5). Cependant, à mesure que la taille des grains augmente, la dureté diminue à mesure que le renforcement des joints de grains s'affaiblit, et lorsque la taille des grains est de 5 μm (erreur de ± 0,01 μm), la dureté se stabilise à HV 1400 (erreur de ± 30).

Français Grâce à l'analyse SEM, la distribution des grains de l'alliage WC20Co est très uniforme (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %), et la distribution de la phase Co est relativement continue (couverture supérieure à 95 %, erreur ± 2 %), fournissant une base microscopique pour une ténacité

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

élevée. Les tests EDS ont en outre confirmé la distribution uniforme de la teneur en Co (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %). Les tests de performance aux chocs montrent que la résistance aux chocs de l'alliage WC20Co dépasse 10^6 fois (erreur ± 10^5 fois), ce qui est significativement amélioré par rapport à l'alliage WC10Co à grains fins (grain 1 micron, erreur ± 0,01 micron , résistance aux chocs 10^5 fois, erreur ± 10^4 fois). Cela montre qu'une taille de grain plus grande et une teneur en Co plus élevée jouent un rôle clé dans l'amélioration de la résistance aux chocs.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté à grains moyens/gros

La ténacité du carbure cémenté à grains moyens/gros est affectée par une combinaison de facteurs, et le meilleur équilibre de performance doit être atteint grâce à l'optimisation des paramètres du processus et de la conception de la composition :

Taille des grains

Lorsque la taille des grains est comprise entre 5 et 10 microns (erreur ± 0,01 micron), la ténacité peut être stabilisée à plus de 20 MPa·$m^{1/2}$ (erreur ± 0,5) ; mais si elle est inférieure à 2 microns (erreur ± 0,01 micron), la ténacité diminuera d'environ 20 % (erreur ± 3 %), ce qui est lié à l'augmentation de la densité des joints de grains.

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 20 % (erreur ± 1 %), la ténacité est optimale ; mais si elle est inférieure à 15 % (erreur ± 1 %), la ténacité diminuera d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui peut être dû à la déficience du réseau Co.

Température de frittage

À une température de frittage de 1450°C (erreur ±10°C), la densité du matériau peut atteindre plus de 99,5% (erreur ±0,1%) ; mais si la température dépasse 1500°C (erreur ±10°C), la ségrégation de la phase Co augmentera d'environ 10% (erreur ±2%), affectant la ténacité.

Teneur en carbone

Lorsque l'écart de teneur en carbone est contrôlé à ±0,1 % (erreur ±0,01 %), la ténacité reste stable ; si elle est trop faible (inférieure à 0,2 %, erreur ±0,01 %), la formation de la phase η entraînera une diminution de la ténacité d'environ 20 % (erreur ±3 %).

Fréquence d'impact

le nombre d'impacts dépasse 10^6 (±10^5) , l'alliage WC20Co fonctionne bien ; cependant, lorsque le nombre d'impacts est inférieur à 10^5 (±10^4) , les alliages à grains fins peuvent être plus adaptés. Prenons l'exemple du WC15Co : sa taille de grain est de 2 microns (erreur ± 0,01 micron) et sa ténacité tombe à 15 MPa·$m^{1/2}$ (erreur ± 0,5), ce qui indique qu'une taille de grain et une teneur en Co insuffisantes affaibliront la ténacité.

Pour obtenir une ténacité supérieure à 20 MPa·$m^{1/2}$ (tolérance ±0,5) et une dureté supérieure à HV 1400 (tolérance ±30), les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées **:**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Contrôle de la granulométrie

La taille des grains est contrôlée entre 5 et 10 microns (tolérance de ± 0,01 micron) sans utilisation d'inhibiteurs pour utiliser pleinement les grains plus gros pour une ténacité améliorée.

Ajustement du contenu Co

La teneur en Co est maintenue entre 15 % et 20 % (erreur ± 1 %) pour améliorer la résistance aux chocs et la ténacité du matériau.

Optimisation du processus de frittage : Le processus de frittage a été adopté avec une température fixée à 1450°C (erreur ±10°C) et une pression appliquée à 50 MPa (erreur ±1 MPa) pour garantir une densité supérieure à 99,5% (erreur ±0,1%).

Contrôle de la teneur en carbone

Maintenez l'écart de teneur en carbone inférieur à ± 0,1 % (erreur ± 0,01 %) pour éviter la formation de phase η.

Spécifications de test

La norme ISO 28079 a été utilisée pour tester la ténacité à la rupture et la norme ASTM E23 a été utilisée pour tester les propriétés d'impact afin de vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, la ténacité de l'alliage WC20Co (taille des grains 5 μm , erreur ±0,01 μm) atteint 22 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ±0,5) et la dureté est HV 1400 (erreur ±30), ce qui vérifie pleinement l'efficacité de la stratégie d'optimisation.

Les applications d'ingénierie

/ le carbure cémenté à gros grains fonctionnent bien dans de nombreux scénarios à fort impact en raison de sa ténacité élevée et de sa résistance aux chocs, notamment :

Forets miniers en carbure à grains moyens/grossiers : alliage WC20Co (ténacité 22 MPa·m $^{1/2}$, erreur ±0,5) avec une résistance aux chocs de plus de 10 ^{6} fois (erreur ±10 ^{5} fois) et une durée de vie de plus de 10 ^{4} heures (erreur ±10 ^{3} heures), particulièrement adapté au forage de roche.

Matrices de forgeage en carbure à grains moyens/gros : alliage WC15Co (dureté HV 1400, tolérance ±30) avec une durée de vie supérieure à 10 ^{4} heures (tolérance ±10 ^{3} heures), répondant aux exigences de résistance aux chocs du forgeage lourd.

Revêtement carbure haute résistance à grain moyen/gros : alliage WC20Co (résistance aux chocs supérieure à 10^{6} fois, erreur ±10^{5} fois) avec une usure d'environ 0,08 mm³/N·m (erreur ±0,01 mm³/N·m). Une résistance à l'usure modérée est adaptée aux conditions d'utilisation intensive.

Ces applications démontrent pleinement que le carbure cémenté à grains moyens/grossiers est un choix idéal pour les scénarios à fort impact en raison de sa ténacité élevée et de son faible coût, et son potentiel d'application mérite d'être développé davantage.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.3.3.2 Applications du carbure à grains moyens/gros : outils miniers et lourds

Principes de base et aperçu technique du carbure cémenté à grains moyens/grossiers

Le carbure cémenté à grains moyens/grossiers (granulométrie de 2 microns à 10 microns, erreur ± 0,01 microns) a montré de larges perspectives d'application dans la fabrication de forets miniers (durée de vie de plus de 10^4 heures, erreur ± 10^3 heures) et d'outils lourds (tels que les équipements de forgeage et de concassage) en raison de sa ténacité élevée (plus de 20 MPa $\cdot m^{1/2}$, erreur ± 0,5) et de son excellente résistance aux chocs (plus de 10^6 fois, erreur ± 10^5 fois). Sa plage de dureté est modérée entre HV 1300 et 1800 (erreur ± 30), son coût de production est faible (moins de 8 USD/kg, erreur ± 0,5 USD/kg), et il est facile de réaliser une production à grande échelle (la production annuelle dépasse 10^4 kg, erreur ± 10^3 kg/an), ce qui lui confère des avantages économiques significatifs dans l'industrie lourde.

Afin de vérifier ses performances d'application, des tests d'impact (ASTM E23, précision de mesure ±10^4 fois), des tests de performance d'usure (ASTM G65, précision de mesure ±0,01 $mm^3/N \cdot m$) et des tests de performance de fatigue (ASTM E466, précision de mesure ±10^4 fois) sont nécessaires. Prenons l'exemple de l'alliage WC20Co, sa granulométrie est de 5 microns (erreur ±0,01 micron), sa résistance aux chocs dépasse 10^6 fois (erreur ±10^5 fois) et son taux d'usure est d'environ 0,08 $mm^3/N \cdot m$ (erreur ±0,01 $mm^3/N \cdot m$), ce qui démontre pleinement ses excellentes performances dans des conditions de charge lourde.

Mécanisme et analyse du carbure cémenté à grains moyens/grossiers

La granulométrie du carbure cémenté à grains moyens/grossiers est de 5 microns (erreur ± 0,01 microns) combinée à une teneur en Co de 20 % (erreur ± 1 %), ce qui offre une ténacité élevée (ténacité 22 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ± 0,5), réduisant efficacement le taux de croissance des fissures (moins de 10^{-3} mm/s, erreur ± 10^{-4} mm/s). La dureté est maintenue à un niveau modéré de HV 1400 (erreur ± 30) et la résistance à l'usure est légèrement faible (taux d'usure 0,08 $mm^3/N \cdot m$, erreur ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$), ce qui est dû à la grande granulométrie réduisant la densité des joints de grains. Français Par analyse SEM, la longueur de fissure de l'alliage WC20Co après impact est faible (moins de 0,1 mm, erreur ± 0,01 mm), et les tests EDS confirment la distribution uniforme de la phase Co (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %). Les tests de performance d'impact montrent que la résistance à l'impact de l'alliage WC20Co dépasse 10^6 fois (erreur ± 10^5 fois), ce qui est nettement meilleur que l'alliage WC10Co à grains fins (taille des grains 1 micron, erreur ± 0,01 micron , résistance à l'impact 10^5 fois, erreur ± 10^4 fois).

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté à grains moyens/gros

L'effet d'application du carbure cémenté à grains moyens/gros est limité par de nombreux facteurs, et les performances doivent être améliorées par l'optimisation du processus et l'ajustement des conditions d'utilisation :

Taille des grains

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Lorsque la granulométrie est comprise entre 5 et 10 microns (erreur ± 0,01 micron), la résistance aux chocs est optimale ; mais si elle est inférieure à 2 microns (erreur ± 0,01 micron), la durée de vie aux chocs diminuera d'environ 20 % (erreur ± 3 %).

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 20 % (erreur ± 1 %), la ténacité est excellente ; mais si elle est inférieure à 15 % (erreur ± 1 %), la ténacité diminuera d'environ 15 % (erreur ± 3 %).

État de surface

Lorsque la rugosité de surface est contrôlée à Ra inférieur à 0,1 micron (erreur ± 0,01 micron) par polissage, la durée de vie peut être augmentée d'environ 10 % (erreur ± 2 %) ; si la rugosité dépasse 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron), le taux d'usure augmentera d'environ 15 % (erreur ± 3 %).

Résistance aux chocs

le nombre d'impacts dépasse 10^{6} ($\pm 10^{5}$) , l'alliage WC20Co donne de bons résultats ; cependant, s'il est inférieur à 10^{5} ($\pm 10^{4}$) , les alliages à grains fins peuvent être plus adaptés.

Facteurs environnementaux

Dans un environnement contenant du grès (teneur en SiO_2 supérieure à 50 %, erreur ± 5 %), le taux d'usure augmente d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Prenons l'exemple du WC15Co : sa taille de grain est de 2 microns (erreur ± 0,01 micron) et sa durée de vie aux chocs tombe à 5×10^{5} fois (erreur ± 10^{4} fois), ce qui indique qu'une taille de grain insuffisante affaiblira la résistance aux chocs.

Stratégie d'optimisation pour le carbure cémenté à grains moyens/grossiers

Pour obtenir une résistance aux chocs de plus de 10^{6} fois (erreur $\pm 10^{5}$ fois) et une ténacité de plus de 20 MPa·$m^{1/2}$ (erreur ±0,5), la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Contrôle de la granulométrie

La granulométrie est contrôlée entre 5 microns et 10 microns (tolérance ± 0,01 micron) pour optimiser la ténacité et la résistance aux chocs.

Ajustement du contenu Co

La teneur en Co est maintenue entre 15% et 20% (±1%) pour améliorer la résistance aux chocs.

Optimisation du processus de frittage

Le procédé de frittage a été adopté avec une température fixée à 1450°C (erreur ±10°C) et une pression appliquée à 50 MPa (erreur ±1 MPa) pour garantir une densité supérieure à 99,5% (erreur ±0,1%).

Optimisation de surface

Grâce au processus de polissage de précision, la rugosité de la surface peut être contrôlée à moins

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de 0,1 micron Ra (erreur ± 0,01 micron) et le taux d'usure peut être réduit d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Spécifications de test

Le test d'impact a été réalisé conformément à la norme ASTM E23 et les performances d'usure ont été testées conformément à la norme ASTM G65 pour vérifier l'effet d'optimisation.
Par exemple, l'alliage WC20Co (taille de grain 5 μm , erreur ±0,01 μm) présente une résistance aux chocs de plus de 10^6 fois (erreur $\pm 10^5$ fois), ce qui démontre pleinement le succès de la stratégie d'optimisation.

Applications techniques du carbure cémenté à grains moyens/gros

Le carbure à grains moyens/grossiers excelle dans les applications minières et lourdes suivantes :
Forets miniers en carbure à grains moyens/grossiers : alliage WC20Co (ténacité 22 MPa·$m^{1/2}$, tolérance ±0,5) avec une durée de vie de plus de 10^4 heures (tolérance $\pm 10^3$ heures), particulièrement adapté aux tâches de forage de roche à fort impact.

Tête de marteau de concassage en carbure à grains moyens/grossiers : alliage WC15Co (résistance aux chocs supérieure à 10^6 fois, erreur $\pm 10^5$ fois) avec une durée de vie supérieure à 10^4 heures (erreur $\pm 10^3$ heures), répondant aux exigences élevées des équipements de concassage.

Outils de creusement de tunnels en carbure à grains moyens/grossiers : l'alliage WC20Co (taux d'usure 0,08 mm^3 / N · m, erreur ± 0,01 mm^3 / N · m) présente une excellente résistance aux chocs et convient au creusement de tunnels et à l'exploitation minière .

Ces applications démontrent pleinement que le carbure cémenté à grains moyens/grossiers est devenu un matériau idéal pour l'exploitation minière et la fabrication d'outils lourds en raison de sa ténacité élevée, de sa résistance aux chocs et de son faible coût, et ses perspectives d'application méritent d'être explorées plus avant.

10.3.4 Distribution granulométrique et contrôle des performances du carbure cémenté

La distribution granulométrique du carbure cémenté peut améliorer considérablement les performances globales du matériau grâce à une structure bimodale (combinaison de grains fins et grossiers) et à une conception d'optimisation du gradient, y compris la dureté (HV 1800-2400, erreur ±30), la ténacité (K_{1c} 10-20 MPa·$m^{1/2}$, erreur ±0,5) et la résistance à l'usure (taux d'usure 0,03-0,06 mm^3 /N · m, erreur ±0,01 mm^3 /N · m). Ce contrôle de la distribution s'appuie sur des procédés de préparation précis, tels que la technologie de frittage en couches (plage de température de 1450°C à 1600°C, erreur ±10°C) et des méthodes d'analyse microscopique avancées (telles que SEM/TEM, résolution inférieure à 0,1 micron , erreur ±0,01 micron), afin de répondre aux divers besoins des matériaux composites dans les domaines des outils, des moules, etc. Cette conception structurelle équilibre efficacement la dureté et la ténacité en optimisant la distribution des grains, améliorant

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

considérablement la durabilité et la plage d'application du matériau.

Cette section analysera en détail deux aspects : la structure bimodale des grains et le gradient de grains, et explorera leur mécanisme de régulation des performances et leurs avantages dans les applications pratiques. Par une étude systématique du processus de préparation, du mécanisme microscopique et des applications techniques, cette section vise à fournir un soutien théorique et des conseils pratiques aux techniciens des domaines concernés.

10.3.4.1 Structure granulaire à double pic du carbure cémenté (grain fin + grain grossier)

Français Principes de base et aperçu de la technologie

La structure de grain bimodale du carbure cémenté est obtenue en combinant des grains fins (0,5 micron à 1 micron , erreur ± 0,01 micron) et des grains grossiers (5 microns à 10 microns, erreur ± 0,01 micron). La partie à grains fins offre une dureté élevée (HV 2000-2400, erreur ± 30) grâce au renforcement des joints de grains, tandis que la partie à grains grossiers améliore la ténacité ($K_{1}c$ 15-20 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ± 0,5) grâce au pontage de phase Co, et la résistance à l'usure est maintenue à un niveau modéré (taux d'usure 0,04-0,06 $mm^{3}/N \cdot m$, erreur ± 0,01 $mm^{3}/N \cdot m$). Cette structure est préparée par un processus de mélange étape par étape (la granulométrie de la poudre fine est inférieure à 0,5 micron, avec une erreur de ± 0,01 micron ; la granulométrie de la poudre grossière est supérieure à 5 microns, avec une erreur de ± 0,01 micron) et est uniformément répartie à l'aide de la technologie de frittage (température de 1450 °C à 1500 °C, avec une erreur de ± 10 °C). Elle convient aux outils composites (durée de vie supérieure à 4000 heures, avec une erreur de ± 500 heures) et aux pièces résistantes à l'usure (durée de vie supérieure à 10^{5} fois, avec une erreur de ± 10^{4} fois).

Français Afin d' évaluer avec précision ses performances, des méthodes d'essai normalisées sont nécessaires, notamment l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge d'essai 10 kg, erreur ± 0,1 kg), l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision de mesure ± 0,5 $MPa \cdot m^{1/2}$) et l'essai de performance à l'usure (ASTM G65, précision de mesure ± 0,01 $mm^{3}/N \cdot m$). Prenant l'alliage WC10Co comme exemple, sa structure bimodale contient des grains fins de 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron) et des grains grossiers de 5 microns (erreur ± 0,01 micron), avec un rapport de 1:1, une dureté de HV 2100 (erreur ± 30) et une ténacité de 18 $MPa \cdot m^{1/2}$ (erreur ± 0,5), ce qui reflète pleinement les avantages de performance de la structure bimodale.

et

la dureté atteint HV 2100 (erreur ± 30), tandis que la partie à grains grossiers (5 microns, erreur ± 0,01 microns) améliore la ténacité ($K_{1}c$ 18 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ± 0,5) grâce à l'effet de pontage de la phase Co (fraction volumique 10 %, erreur ± 1 %). Français La structure bimodale réduit considérablement le taux de croissance des fissures (moins de 10^{-3}mm /s, erreur ± 10^{-4}mm /s) grâce à l'effet synergique des grains fins et grossiers, et le taux d'usure est stabilisé à 0,05 $mm^{3}/N \cdot m$ (erreur ± 0,01 $mm^{3}/N \cdot m$). L'analyse SEM montre que les grains fins et grossiers sont uniformément répartis (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %), et que le réseau Co est continu

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(couverture supérieure à 95 %, erreur ± 2 %), fournissant une base microscopique pour l'optimisation des performances. Les tests EDS confirment en outre l'uniformité de la distribution du Co (écart inférieur à 0,1 %, erreur ± 0,02 %).

Les tests de comparaison des performances montrent que la structure bimodale présente des avantages significatifs en termes d'amélioration de la ténacité par rapport à la structure à grain unique (taille des grains 1 micron, erreur ± 0,01 micron , ténacité 12 MPa·m $^{1/2}$, erreur ± 0,5), grâce à la contribution de ténacité de la partie à gros grains et au support de dureté de la partie à grains fins.

Analyse des facteurs affectant la structure bimodale des grains du carbure cémenté

Les performances de la structure bimodale des grains sont affectées par une variété de facteurs, et le meilleur équilibre des performances doit être atteint grâce à l'optimisation des paramètres du processus :

Rapport grain fin/gros grain

Lorsque le rapport entre les grains fins et les grains grossiers est de 1:1, les performances sont équilibrées ; si le rapport entre les grains fins dépasse 2:1, la ténacité diminuera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui peut être dû au rapport insuffisant entre les grains grossiers.

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 10 % (erreur ± 1 %), la ténacité est excellente ; mais si elle dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la dureté chutera d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui peut être dû à l'effet adoucissant de la phase Co.

Température de frittage

À une température de frittage de 1450°C (erreur ±10°C), la distribution des grains est stable ; mais si elle dépasse 1500°C (erreur ±10°C), la taille des grains grossiers augmentera d'environ 10 % (erreur ±2 %), affectant la dureté.

Uniformité du mélange de poudre

Lorsque l'uniformité du mélange dépasse 95 % (erreur ± 2 %), les performances sont optimales ; si elle est inférieure à 90 % (erreur ± 2 %), la ténacité diminuera d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui est lié à la répartition inégale des grains.

Charges externes

le nombre d'impacts dépasse 10 ^{5} fois (erreur ±10 ^{4} fois), la ténacité est exceptionnelle ; lorsque la vitesse de coupe dépasse 1000 m/min (erreur ±10 m/min), la dureté devient le facteur clé.

Prenons l'exemple du WC15Co bimodal : son grain fin est de 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron), le grain grossier est de 10 microns (erreur ± 0,01 micron), le rapport est de 2:1 et la dureté tombe à HV 1900 (erreur ± 30), ce qui indique qu'un rapport de grain fin trop élevé affaiblira l'équilibre des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

performances.
Stratégie d'optimisation de la structure granulaire bimodale du carbure cémenté

Pour obtenir une dureté supérieure à HV 2000 (tolérance ±30) et une ténacité supérieure à 15 MPa·m $^{1/2}$ (tolérance ±0,5), les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Contrôle du rapport de grain
La granulométrie fine est contrôlée entre 0,5 micron et 1 micron (erreur ± 0,01 micron), et la granulométrie grossière est contrôlée entre 5 microns et 10 microns (erreur ± 0,01 micron), et le rapport est fixé à 1:1 pour équilibrer la dureté et la ténacité.

Ajustement du contenu Co
La teneur en Co est maintenue entre 8% et 12% (±1%) pour obtenir la meilleure synergie entre dureté et ténacité.

Optimisation du processus de frittage
Le procédé de frittage a été adopté avec une température fixée à 1450°C (erreur ±10°C) et une pression appliquée à 50 MPa (erreur ±1 MPa) pour garantir une densité supérieure à 99,5% (erreur ±0,1%).

Optimisation du processus de mélange
Le processus de broyage à boulets (temps supérieur à 24 heures, erreur ± 1 heure) garantit que l'uniformité du mélange de poudre dépasse 95 % (erreur ± 2 %).

Spécifications de test
La dureté a été testée selon la norme ASTM E92 et la ténacité à la rupture a été testée selon la norme ISO 28079 pour vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, la dureté de l'alliage WC10Co (grain fin 0,5 μm , erreur ±0,01 μm ; grain grossier 5 μm , erreur ±0,01 μm) atteint HV 2100 (erreur ±30) et la ténacité est de 18 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ±0,5), ce qui vérifie pleinement l'efficacité de la stratégie d'optimisation.

Applications techniques de la structure granulaire bimodale du carbure cémenté
La structure granulaire bimodale excelle dans les scénarios composites suivants :

Outil de coupe composite à grains à double pointe en carbure cémenté
L'alliage WC10Co (dureté HV 2100, tolérance ±30) a une durée de vie de coupe de plus de 4000 heures (erreur ±500 heures) et est particulièrement adapté aux processus de coupe nécessitant une haute précision et une ténacité élevée.

Filière résistante à l'usure à grains doubles en carbure cémenté
L'alliage WC12Co (ténacité 18 MPa·m $^{1/2}$, erreur ±0,5) a une durée de vie de plus de 10 ^{5} fois

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(erreur ±10 ⁴ fois), répondant aux exigences de résistance à l'usure des moules complexes.

Outils de forage pétrolier à double grain en carbure cémenté

L'alliage WC10Co (taux d'usure 0,05 mm³ / N · m, erreur ± 0,01 mm³ / N · m) a une résistance aux chocs de plus de 10 ⁵ fois (erreur ± 10 ⁴ fois), ce qui le rend adapté à l'environnement difficile du forage pétrolier.

Ces applications démontrent pleinement que la structure de grain bimodale améliore considérablement la compétitivité du carbure cémenté dans les applications composites en équilibrant la dureté et la ténacité.

10.3.4.2 Gradient de grains du carbure cémenté

Aperçu des principes de base et de la technologie des grains de gradient en carbure cémenté

La structure des grains de gradient du carbure cémenté est optimisée en concevant des grains fins de surface (0,5 micron à 1 micron, erreur ± 0,01 micron) et des grains grossiers internes (5 microns à 10 microns, erreur ± 0,01 micron), obtenant ainsi une dureté de surface élevée (HV 2000-2400, erreur ± 30) et une ténacité interne élevée (K_{1c} 15-20 MPa·m ¹ / ² , erreur ± 0,5), tout en maintenant la résistance à l'usure à un niveau modéré (taux d'usure 0,04-0,06 mm ³ /N · m, erreur ± 0,01 mm ³ /N · m). Cette structure est généralement produite par un procédé de frittage en couches (température de 1450°C à 1600°C, tolérance ±10°C) ou un procédé de cémentation (gradient de carbone ±0,1%, tolérance ±0,01%), et convient aux outils hautes performances (durée de vie supérieure à 4000 heures, tolérance ±500 heures) et aux moules (durée de vie supérieure à 10 ⁵ fois, tolérance ±10 ⁴ fois).

Français Afin d' évaluer ses performances, des méthodes d'essai normalisées sont utilisées, notamment l'essai de dureté Vickers (ASTM E92, charge d'essai 10 kg, erreur ± 0,1 kg), l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision de mesure ± 0,5 MPa·m ¹ / ²) et l'essai de performance à l'usure (ASTM G65, précision de mesure ± 0,01 mm ³ / N · m). Prenant l'alliage WC10Co comme exemple, sa taille de grain de surface est de 0,5 micron (erreur ± 0,01 micron), sa taille de grain interne est de 5 microns (erreur ± 0,01 micron), sa dureté de surface atteint HV 2200 (erreur ± 30), sa ténacité interne est de 18 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5), reflétant les avantages de performance de la structure à gradient.

Mécanisme et analyse des grains de gradient de carbure cémenté

Les grains fins de surface (0,5 micron, erreur ±0,01 micron) renforcent les joints de grains grâce à une densité élevée des joints de grains (plus de 10 ¹³ m ⁻ ² , erreur ±10 ¹² m ⁻ ²), et la dureté atteint HV 2200 (erreur ±30), tandis que les grains grossiers internes (5 microns, erreur ±0,01 micron) améliorent la ténacité (K_{1c} 18 MPa·m ¹ / ² , erreur ±0,5) grâce à l'effet de pontage de la phase Co (teneur 10 %, erreur ±1 %). Français La structure à gradient réduit la concentration de contrainte (moins de 100 MPa, erreur ±10 MPa) grâce à l'effet synergique de la dureté de surface et de la ténacité interne, et le taux d'usure est stabilisé à 0,05 mm³/N·m (erreur ±0,01 mm³/N·m). L'analyse

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

SEM a montré que les grains de surface étaient uniformément répartis (écart inférieur à 0,1 %, erreur ±0,02 %), le réseau interne de Co était continu (couverture supérieure à 95 %, erreur ±2 %), et les tests EDS ont confirmé la distribution uniforme des gradients de Co et de carbone (écart inférieur à 0,1 %, erreur ±0,02 %).

Les tests de comparaison des performances montrent que la structure à gradient présente des avantages significatifs en termes de dureté et de ténacité par rapport à la structure à grains uniforme (taille des grains 1 micron, erreur ± 0,01 micron , ténacité 12 MPa·m $^{1/2}$, erreur ± 0,5).

Analyse des facteurs affectant les grains de gradient en carbure cémenté

Les performances des structures de grains de gradient sont affectées par une variété de facteurs, et le meilleur équilibre de performances doit être atteint grâce à l'optimisation des paramètres du processus :

Gradient de grains

Les performances sont optimales lorsque les grains de surface sont de 0,5 micron à 1 micron (erreur ± 0,01 micron) et les grains internes de 5 microns à 10 microns (erreur ± 0,01 micron) ; si le gradient est trop faible, la ténacité chutera d'environ 10 % (erreur ± 2 %).

Contenu Co

Lorsque la teneur en Co est de 10 % (erreur ± 1 %), la ténacité est excellente ; mais si elle dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la dureté diminuera d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui peut être dû au ramollissement de la phase Co.

Température de frittage

À une température de frittage de 1500°C (erreur ±10°C), le gradient de grains est stable ; mais s'il dépasse 1600°C (erreur ±10°C), la taille des grains augmentera d'environ 10% (erreur ±2%), affectant la dureté de surface.

Gradient de carbone

Lorsque le gradient de carbone est contrôlé à ±0,1% (erreur ±0,01%), les performances sont équilibrées ; s'il dépasse ±0,2% (erreur ±0,01%), la phase η augmente d'environ 5% (erreur ±1%), affectant la ténacité.

Charges externes

À des vitesses de coupe supérieures à 1000 m/min (tolérance de ±10 m/min), la dureté de surface devient critique, tandis que la ténacité interne devient plus importante lorsque le nombre d'impacts dépasse 10^5 fois ($\pm 10^4$ fois).

Prenons l'exemple du WC15Co : son grain de surface est de 1 micron (erreur ± 0,01 micron), le grain interne est de 2 microns (erreur ± 0,01 micron) et la ténacité tombe à 12 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ± 0,5), ce qui indique qu'un gradient insuffisant affaiblira les performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Pour obtenir une dureté de surface supérieure à HV 2000 (erreur ±30) et une ténacité interne supérieure à 15 MPa·m ¹ / ² (erreur ±0,5), les **stratégies**
d'optimisation suivantes sont recommandées :

Contrôle des grains
La granulométrie de surface est contrôlée entre 0,5 micron et 1 micron (erreur ± 0,01 micron), et la granulométrie interne est contrôlée entre 5 microns et 10 microns (erreur ± 0,01 micron) pour optimiser la dureté et la ténacité.

Ajustement du contenu Co
La teneur en Co est maintenue entre 8% et 12% (±1%) pour équilibrer la dureté de surface et la ténacité interne.

Optimisation du processus de frittage
Un procédé de frittage en couches a été utilisé avec une température fixée à 1500°C (erreur ±10°C) et une pression appliquée à 50 MPa (erreur ±1 MPa) pour garantir une densité supérieure à 99,5% (erreur ±0,1%).

Contrôle de la teneur en carbone
Le gradient de carbone a été maintenu à ±0,1 % (erreur ±0,01 %) pour éviter la formation de la phase η.

Spécifications de test
La dureté a été testée selon la norme ASTM E92 et la ténacité à la rupture a été testée selon la norme ISO 28079 pour vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, la dureté de surface de l'alliage WC10Co (taille de grain de surface 0,5 μm , erreur ±0,01 μm ; taille de grain interne 5 μm , erreur ±0,01 μm) a atteint HV 2200 (erreur ±30) et la ténacité interne était de 18 MPa·m ¹ / ² (erreur ±0,5), ce qui a pleinement vérifié le succès de la stratégie d'optimisation.

Applications d'ingénierie des grains à gradient du carbure cémenté
La structure des grains à gradient fonctionne bien dans les scénarios de haute performance suivants :

Outil à grande vitesse
L'alliage WC10Co (dureté de surface HV 2200, tolérance ±30) a une durée de vie de coupe de plus de 4000 heures (tolérance ±500 heures) et convient aux tâches de coupe à grande vitesse.

matrice d'estampage
L'alliage WC12Co (ténacité interne 18 MPa·m ¹ / ² , erreur ±0,5) a une durée de vie de plus de 10 ⁵ fois (erreur ±10 ⁴ fois), répondant aux besoins d'emboutissage à fort impact.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Substrat de revêtement résistant à l'usure

L'alliage WC10Co (taux d'usure 0,05 mm³ / N · m, erreur ± 0,01 mm³ / N · m) a une adhérence de plus de 50 MPa (erreur ± 5 MPa), ce qui convient au support de revêtements résistants à l'usure.

Ces applications démontrent pleinement que la structure de grain à gradient améliore considérablement la valeur d'application du carbure cémenté dans les exigences de performance complexes en optimisant la dureté de surface et la ténacité interne.

10.4 Classification par fonction d'application

Les carbures cémentés sont classés selon leurs fonctions d'application et répondent à des besoins spécifiques en optimisant leurs propriétés (telles que dureté HV 800-2500, erreur ±30, ténacité K_{IC} 8-25 MPa·m $^{1/2}$, erreur ±0,5, résistance à l'usure 0,02-0,1 mm³ / N · m, erreur ±0,01 mm³ / N · m). La classification est basée sur la composition chimique (WC, TiC , Co, Ni, etc.), la granulométrie (0,2-10 μm , erreur ±0,01 μm) et le processus de préparation (température de frittage 1450-2000°C, erreur ±10°C, pression 50-100 MPa, erreur ±1 MPa), et vérifiée par analyse microscopique (résolution SEM <0,1 μm , erreur ±0,01 μm , précision XRD ±0,01 μm) et tests de performance (ASTM E92, G65). Ses applications incluent la découpe (durée de vie > 10 heures, erreur ± 1 heure), la résistance à l'usure (> 10 ^{5} fois, erreur ± 10 ^{4} fois), la résistance à la corrosion (perte de poids < 0,1 mg/cm² , erreur ± 0,01 mg/cm²) , les hautes températures (> 1000°C, erreur ± 10°C) et les scénarios multifonctionnels (conductivité < 12 μΩ·cm , erreur ± 0,1 μΩ·cm).

Cette section commencera par cinq aspects : le carbure cémenté pour la coupe, le carbure cémenté pour la résistance à l'usure, le carbure cémenté pour la résistance à la corrosion, le carbure cémenté pour les hautes températures et le carbure cémenté multifonctionnel, et analysera systématiquement le mécanisme de correspondance entre la fonction et l'application.

10.4.1 Carbure cémenté pour la coupe

Le carbure de coupe se caractérise par une dureté élevée (HV 1600-2000, erreur ±30), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure < 0,06 mm³ / N·m, erreur ±0,01 mm³ / N·m) et une bonne stabilité thermique (> 800 °C, erreur ±10 °C). Il est adapté à l'usinage à grande vitesse (> 1000 m/min, erreur ±10 m/min), au fraisage et au tournage. Il est largement utilisé dans l'aéronautique (durée de vie > 10 heures, erreur ±1 heure), l'automobile et la fabrication de machines. Ses performances sont obtenues grâce à l'optimisation de la granulométrie (0,5-2 μm , erreur ±0,01 μm) et de la teneur en phase liante (Co 6 %-10 %, erreur ±1 %).

Cette section analyse ses caractéristiques techniques sous trois aspects : la classification ISO, les exigences de performance et les nuances typiques.

10.4.1.1 Classification ISO des carbures cémentés pour la coupe (nuances P, M, K)

Classification ISO du carbure cémenté pour la coupe Principes de base et aperçu technique

Le carbure cémenté pour la coupe est divisé en nuances P (traitement de l'acier), M (acier

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

inoxydable/acier allié) et K (fonte/métal non ferreux) selon la norme ISO 513. La composition chimique est optimisée en fonction du matériau de la pièce et des conditions de coupe (vitesse 500-1500 m/min, erreur ±10 m/min). La nuance P contient du TiC / TaC (5%-20%, erreur ±0,1%) et présente une excellente résistance à l'usure ; la nuance M a une teneur élevée en Co (8%-12%, erreur ±1%) et une ténacité exceptionnelle ; la nuance K a une teneur élevée en WC (>90%, erreur ±1%) et une dureté élevée (HV 1800-2000, erreur ±30). La granulométrie est contrôlée à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) pour garantir la précision du traitement (<0,1 mm, erreur ±0,01 mm).

Les méthodes d'essai comprennent des essais de coupe (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), des essais de dureté (ASTM E92, charge 10 kg, tolérance ± 0,1 kg) et des essais d'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^3 / N · m). Par exemple, la dureté du P10 (WC8Co10TiC) est HV 1900 (tolérance ± 30) et la vitesse de coupe peut atteindre 1200 m/min (tolérance ± 10 m/min).
Mécanisme de classification ISO et analyse du carbure cémenté pour la coupe

Français La nuance P améliore la dureté (HV 1900, erreur ±30) grâce au renforcement de la solution solide TiC (constante de réseau 4,3 Å, erreur ±0,01 Å) et présente une forte résistance à l'usure (taux d'usure <0,05 mm^3/N·m, erreur ±0,01 mm^3/N·m). La nuance M absorbe les chocs de coupe (>50 J/m^2 , erreur ±5 J/m^2) grâce au réseau Co (fraction volumique 10, erreur ±1 %) et présente une ténacité de $K_{1}c$ 10-12 MPa·$m^{1/2}$ (erreur ±0,5). La nuance K s'appuie sur une énergie de liaison élevée du WC (environ 700 kJ/mol, erreur ±10 kJ/mol) pour assurer la stabilité thermique (>800°C, erreur ±10°C). L'analyse SEM montre que le P10 présente des grains uniformes (0,5 μm , erreur ± 0,01 μm , écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %), et l'EDS confirme que le TiC est uniformément réparti (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %). Les tests de coupe montrent que le P10 a une durée de vie supérieure à 12 heures (erreur ± 1 heure), ce qui est supérieur à celui du K20 (durée de vie de 10 heures, erreur ± 1 heure).

L'analyse des facteurs affectant les performances de coupe du carbure cémenté
est affectée par les facteurs suivants :

Sélection des notes
La nuance P convient à la coupe à grande vitesse (> 1000 m/min, erreur ± 10 m/min) ; la nuance M convient aux exigences de ténacité ; la nuance K convient au traitement de la fonte.

Taille des grains
0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) a une excellente résistance à l'usure ; >2 μm (erreur ±0,01 μm) le taux d'usure augmente d'environ 10 % (erreur ±2 %).

Contenu Co
6%-10% (erreur ±1%) : ténacité modérée ; >12% (erreur ±1%) : la dureté diminue d'environ 15% (erreur ±3%).
revêtement
La durée de vie du revêtement TiAlN (épaisseur 2 μm , erreur ±0,1 μm) est augmentée de 30 %

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(erreur ±5 %).

Dureté de la pièce

HV>1000 (erreur ±50), la marque P est supérieure ; HV<500 (erreur ±50), la marque K est applicable.

Par exemple, le taux d'usure de la nuance M (WC12Co) dans le traitement de l'acier rapide augmente jusqu'à 0,08 mm^3 / N · m (erreur ± 0,01 mm^3 / N · m).

La stratégie d'optimisation pour la coupe du carbure

vise à atteindre une vitesse de coupe supérieure à 1 000 m/min (erreur ± 10 m/min) et une durée de vie supérieure à 10 heures (erreur ± 1 heure). Recommandations :

Correspondance de marque

P10 (acier), M20 (acier inoxydable), K20 (fonte).

Contrôle des grains : 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm), en utilisant un inhibiteur VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Co-optimisation

6%-10% (erreur ±1%), équilibre entre dureté et ténacité.

Procédé de revêtement

CVD TiAlN (épaisseur 2-3 μm , erreur ±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 20 % (erreur ±3 %).

Spécifications de test

ISO 3685

(coupe), ASTM G99 (usure).

Par exemple, la durée de vie du P10 (grain 0,5 μm , erreur ±0,01 μm , revêtement TiAlN) est >12 heures (erreur ±1 heure).

Application technique du carbure cémenté pour la coupe

Les grades ISO excellent dans les scénarios suivants :

marque P

P10 (traitement de l'acier, vitesse 1200 m/min, erreur ±10 m/min) durée de vie>12 heures (erreur ±1 heure).

marque M

M20 (traitement de l'acier inoxydable, K_{1c} 12 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ±0,5) anti-écaillage, durée de vie > 10 heures (erreur ± 1 heure).

marque K

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

K20 (usinage de la fonte, dureté HV 1900, erreur ±30) précision <0,1 mm (erreur ±0,01 mm).
Ces applications montrent que les classifications ISO correspondent précisément aux exigences de coupe.

10.4.1.2 Exigences de performance pour la coupe du carbure (vitesse de coupe > 1000 m/min, durée de vie > 10 heures)

Vitesse de coupe du carbure cémenté pour la coupe Principes de base et aperçu technique
Le carbure de coupe pour la coupe doit répondre à des besoins de coupe à grande vitesse (> 1000 m/min, erreur ± 10 m/min), de longue durée de vie (> 10 heures, erreur ± 1 heure) et de haute précision (< 0,1 mm, erreur ± 0,01 mm). Les exigences de base comprennent une dureté HV 1600-2000 (erreur ± 30), une résistance à l'usure (taux d'usure < 0,06 mm^3 /N · m, erreur ± 0,01 mm^3 /N · m) et une stabilité thermique (> 800 °C, erreur ± 10 °C). La granulométrie est contrôlée à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm), la teneur en Co est de 6%-10% (erreur ±1%), et elle est souvent complétée par un revêtement TiAlN (épaisseur 2-3 μm , erreur ±0,1 μm).

Les méthodes d'essai comprennent l'essai de coupe (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), l'essai d'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^3 / N · m) et l'essai de choc thermique (ISO 1832, précision ± 10 °C). Par exemple, le P10 (WC8Co10TiC, grain 0,5 μm , erreur ± 0,01 μm) a une vitesse de coupe de 1 200 m/min (erreur ± 10 m/min) et une durée de vie de 12 heures (erreur ± 1 heure).

Carbure de coupe Vitesse de coupe Mécanisme et analyse
La dureté HV 1900 (tolérance ±30) est due au renforcement des grains fins (densité des joints de grains>10^{13} m^{-2} , erreur ±10^{12} m^{-2}), la résistance à l'usure (taux d'usure <0,06 mm^3 /N · m, erreur ±0,01 mm^3 /N · m) est due au revêtement TiC (dureté>HV 2000, erreur ±50) et TiAlN (coefficient de frottement <0,3, erreur ±0,05). Co (8%, erreur ±1%) assure la ténacité (K_{1c} 10 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ±0,5) et empêche l'écaillage (<0,01 mm, erreur ±0,001 mm). Français La stabilité thermique est garantie par le WC (température de décomposition > 2000 °C, erreur ± 50 °C) et le TiAlN (température d'oxydation > 1000 °C, erreur ± 10 °C). L'analyse SEM a montré que le P10 était usé uniformément après la coupe (profondeur < 0,01 mm, erreur ± 0,001 mm), et l'EDS a confirmé que le TiC était uniformément réparti (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %). Les tests de coupe ont montré que le P10 avait une durée de vie > 12 heures (erreur ± 1 heure) à 1200 m/min (erreur ± 10 m/min).

L'analyse des facteurs affectant la vitesse de coupe du carbure cémenté
est affectée par les facteurs suivants :

Vitesse de coupe
> 1000 m/min (erreur ± 10 m/min) nécessite un support de revêtement ; une dureté < 500 m/min (erreur ± 10 m/min) est préférée.

Taille des grains

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) a une excellente résistance à l'usure ; >2 μm (erreur ±0,01 μm) le taux d'usure augmente de 15 % (erreur ±3 %).

Contenu Co

6%-10% (erreur ±1%) anti-écaillage des bords ; >12% (erreur ±1%) la dureté diminue de 10% (erreur ±2%).

Épaisseur du revêtement

de 2 à 3 μm (erreur ± 0,1 μm) augmente de 30 % (erreur ± 5 %) ; > 5 μm (erreur ± 0,1 μm) le taux de pelage augmente de 10 % (erreur ± 2 %).

Matériau de la pièce

Pour l'acier (HV>1000, erreur ±50), P10 est préféré ; pour la fonte, K20 est plus adapté.
Par exemple, la durée de vie du K20 (grain 2 μm , erreur ±0,01 μm) dans le traitement de l'acier rapide est réduite à 8 heures (erreur ±1 heure).

La stratégie d'optimisation de la vitesse de coupe du carbure cémenté

vise une vitesse supérieure à 1 000 m/min (erreur de ± 10 m/min) et une durée de vie supérieure à 10 heures (erreur de ± 1 heure). Il est recommandé de :

Contrôle des grains

0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm), en utilisant VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Co-optimisation

6%-10% (erreur ±1%), ténacité équilibrée.

revêtement

TiAlN (2-3 μm , erreur ±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 20 % (erreur ±3 %).

Traitement des bords

Le rayon de passivation est < 0,01 mm (erreur ± 0,001 mm) et le taux d'écaillage des bords est réduit de 15 % (erreur ± 3 %).

Spécifications de test

ISO 3685 (coupe), ASTM G99 (usure).
Par exemple, la durée de vie du P10 (grain 0,5 μm , erreur ±0,01 μm , revêtement TiAlN) est >12 heures (erreur ±1 heure).

Coupe Carbure Vitesse de coupe Application d'ingénierie

La coupe Carbure fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Traitement des pièces d'aviation

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

P10 (vitesse 1200 m/min, erreur ±10 m/min) précision <0,1 mm (erreur ±0,01 mm), durée de vie >12 heures (erreur ±1 heure).

Traitement des vilebrequins automobiles

M20 ($K_{1}c$ 12 MPa·m$^{1/2}$, erreur ±0,5) durée de vie > 10 heures (erreur ± 1 heure).

Usinage de la fonte : K20 (dureté HV 1900, tolérance ±30) taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m (erreur ± 0,01 mm³ / N · m).

Ces applications démontrent que des performances élevées répondent aux exigences de coupe à grande vitesse.

10.4.1.3 Nuances typiques : P10, K20 (dureté HV 1600-2000)

Français Principes de base et aperçu technique

P10 (WC8Co10TiC) et K20 (WC6Co) sont des nuances de coupe typiques avec une dureté HV 1600-2000 (erreur ±30), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure <0,06 mm³ / N · m, erreur ±0,01 mm³ / N · m) et une stabilité thermique (>800°C, erreur ±10°C). P10 convient au traitement de l'acier (vitesse >1000 m/min, erreur ±10 m/min), et K20 convient au traitement de la fonte/des métaux non ferreux (vitesse 800-1200 m/min, erreur ±10 m/min). Taille des grains 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm), teneur en Co 6%-8% (erreur ±1%).

Les méthodes d'essai comprennent des essais de coupe (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), des essais de dureté (ASTM E92, charge 10 kg, erreur ± 0,1 kg) et des essais d'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm³ / N · m). Par exemple, dureté P10 HV 1900 (erreur ± 30), durée de vie > 12 heures (erreur ± 1 heure) ; dureté K20 HV 1800 (erreur ± 30), durée de vie > 10 heures (erreur ± 1 heure).

Mécanisme et analyse

Le TiC du P10 (10 %, erreur ± 0,1 %) augmente la dureté (HV 1900, erreur ± 30), taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m (erreur ± 0,01 mm³ / N · m) ; le Co (8 %, erreur ± 1 %) assure la ténacité ($K_{1}c$ 10 MPa·m$^{1/2}$, erreur ± 0,5). Le WC du K20 (> 90 %, erreur ± 1 %) assure la stabilité thermique (gain de poids par oxydation < 0,5 mg/cm^{2}, erreur ± 0,05 mg/cm^{2}) , le Co (6 %, erreur ± 1 %) est modéré, dureté HV 1800 (erreur ± 30). Français L'analyse SEM montre que la taille des grains P10 est de 0,5 μm (erreur ±0,01 μm), la distribution TiC est uniforme (écart <0,1 %, erreur ±0,02 %) ; la taille des grains K20 est de 1 μm (erreur ±0,01 μm) et le réseau Co est continu (>95 %, erreur ±2 %). Les essais de coupe montrent que la durée de vie du P10 dans le traitement de l'acier est >12 heures (erreur ±1 heure) ; le taux d'usure du K20 dans le traitement de la fonte est de 0,05 mm³/N·m (erreur ±0,01 mm³/N·m).

Analyse des facteurs d'influence

La performance est affectée par les facteurs suivants :

Sélection des notes

Le P10 convient à l'acier et le K20 à la fonte.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Taille des grains
0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) a une excellente résistance à l'usure ; >2 μm (erreur ±0,01 μm) a une durée de vie réduite de 10 % (erreur ±2 %).

Contenu Co
6%-8% (erreur ±1%) : performances équilibrées ; >10% (erreur ±1%) : la dureté diminue de 10% (erreur ±2%).
Revêtement : TiAlN (2 μm , erreur ±0,1 μm) durée de vie augmentée de 20 % (erreur ±3 %).

Conditions de coupe
Vitesse > 1000 m/min (erreur ±10 m/min), P10 est excellent ; < 800 m/min (erreur ±10 m/min), K20 est applicable.
Par exemple, la durée de vie du P10 (granulométrie 2 μm , erreur ±0,01 μm) tombe à 10 heures (erreur ±1 heure).

La stratégie d'optimisation
est d'atteindre une dureté > HV 1800 (erreur ±30), une durée de vie > 10 heures (erreur ±1 heure), recommandée :

Optimisation des notes
P10 (acier), K20 (fonte).

Contrôle des grains
0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm), en utilisant VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Co-optimisation
6%-8% (erreur ±1%), performances équilibrées.

Procédé de revêtement
TiAlN (2 μm , erreur ±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 20 % (erreur ±3 %).

Spécifications de test
ISO 3685 (coupe), ASTM E92 (dureté).
Par exemple, la durée de vie du P10 (grain 0,5 μm , erreur ±0,01 μm , revêtement TiAlN) est >12 heures (erreur ±1 heure).

Les nuances typiques **pour les applications d'ingénierie fonctionnent bien dans les scénarios suivants :**

P10 : Traitement de l'acier (vitesse 1200 m/min, erreur ±10 m/min), durée de vie > 12 heures (erreur ± 1 heure).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

K20 : Usinage de fonte (dureté HV 1800, erreur ±30), précision < 0,1 mm (erreur ± 0,01 mm).
Outils aéronautiques : P10 (taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m, erreur ± 0,01 mm³ / N · m), durée de vie > 12 heures (erreur ± 1 heure).
Ces applications montrent que P10 et K20 répondent à des besoins de coupe divers.

10.4.2 Carbure cémenté résistant à l'usure

Les carbures cémentés résistants à l'usure sont largement utilisés dans les applications exigeant une résistance à l'usure à long terme, grâce à leur excellente dureté (HV 1800-2200, ±30) et à leur taux d'usure extrêmement faible (<0,06 mm³/N·m, ±0,01 mm³/N·m). Optimisés par un contrôle précis de la granulométrie (0,5-2 μm , ±0,01 μm) et de la teneur en Co de la phase liante (6-8 %, ±1 %), ces matériaux sont fabriqués par métallurgie des poudres avancée (température de frittage 1450 °C, ±10 °C) pour garantir leur fiabilité sous fortes charges et dans des environnements complexes. Les carbures cémentés résistants à l'usure sont particulièrement adaptés à des applications telles que les moules (durée de vie > 10^6 fois, ±10^5 fois), les joints et les buses (durée de vie > 10^4 heures, ±10^3 heures). Leur avantage réside dans leur capacité à résister aux frottements et aux chocs continus tout en préservant leur intégrité structurelle. Le développement et l'application de ce matériau dépendent non seulement de sa composition chimique et de sa microstructure, mais doivent également être associés à des procédés de fabrication et des technologies de traitement de surface avancés pour répondre aux exigences strictes de durabilité et d'efficacité du secteur industriel.

Cette section part de trois aspects : les exigences de performance, les qualités et applications typiques, et combine une analyse détaillée des mécanismes, une discussion des facteurs d'influence et des stratégies d'optimisation pour analyser de manière exhaustive ses caractéristiques techniques et son potentiel d'application technique.

10.4.2.1 Exigences de performance pour le carbure cémenté résistant à l'usure : taux d'usure < 0,06 mm³ / N · m (ASTM G65)

Aperçu des principes de base et des technologies du carbure cémenté résistant à l'usure
L'objectif de conception du carbure cémenté résistant à l'usure est d'atteindre un taux d'usure extrêmement faible (< 0,06 mm³ /N · m, erreur ± 0,01 mm³ /N · m, norme d'essai ASTM G65) pour assurer une longue durée de vie dans des environnements à frottement élevé. De plus, le matériau doit avoir une dureté élevée (HV 1800-2200, erreur ± 30) et une ténacité modérée (K_{1c} 10-12 MPa·m$^{1/2}$, erreur ± 0,5) pour répondre aux doubles exigences de résistance à l'usure et de résistance aux fissures pour des composants tels que les moules, les joints et les buses. La durée de vie typique requise est supérieure à 10^4 heures (erreur ±10^3 heures), ce qui nécessite un renforcement des joints de grains par un contrôle précis de la taille des grains (0,5-1 μm , erreur ±0,01 μm), tandis que la teneur en Co (6 %-8 %, erreur ±1 %) améliore la résistance aux fissures en offrant une certaine capacité de déformation plastique. Dans les environnements à frottement élevé (par exemple, coefficient de frottement < 0,5, erreur ±0,05), la qualité de surface et la stabilité de la structure interne du matériau sont particulièrement critiques, ce qui favorise également le développement des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

technologies de traitement de surface.

Français Les méthodes d'essai comprennent les essais d'usure (ASTM G65, charge 130 N, erreur ±1 N), les essais de dureté (ASTM E92, charge 10 kg, erreur ±0,1 kg) et les essais de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision ±0,5 MPa·m $^{1/2}$) . Par exemple, YG6 (WC6Co, grain 1 μm , erreur ±0,01 μm) présente un excellent taux d'usure de 0,05 mm ^{3} /N · m (erreur ±0,01 mm ^{3} /N · m) et une dureté HV 2000 (erreur ±30), devenant un exemple représentatif de ce type de matériau.

Mécanisme et analyse du carbure cémenté résistant à l'usure

L'obtention d'une dureté HV 2000 (erreur ± 30) dépend principalement de l'effet de renforcement des grains fins. La densité des joints de grains peut atteindre > 10^{13} m^{-2} (erreur ± 10^{12} m^{-2}) , ce qui améliore considérablement la résistance à la déformation du matériau. Le faible taux d'usure (< 0,06 mm^3 /N·m, erreur ± 0,01 mm^3 /N·m) est dû à l'énergie de liaison élevée du WC (environ 700 kJ/mol, erreur ± 10 kJ/mol). La stabilité de cette liaison chimique résiste efficacement à la perte de matière lors du frottement. Le Co en tant que phase liante (6 %, erreur ± 1 %) absorbe l'énergie externe (> 50 J/m^2 , erreur ± 5 J/ m^2) par déformation plastique (allongement 1 %, erreur ± 0,1 %) , améliorant ainsi la ténacité à K_{1c} 10 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ± 0,5). L'analyse SEM montre que la distribution des grains de YG6 est très uniforme (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %) et que la surface d'usure est lisse (Ra < 0,05 μm , erreur ± 0,01 μm), ce qui est étroitement lié à la microstructure optimisée. Les tests EDS vérifient en outre l'uniformité de la distribution du Co (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %), fournissant une base microscopique pour les performances globales du matériau. Les données de test d'usure montrent que le taux d'usure du YG6 est de 0,05 mm^3 /N·m (erreur ±0,01 mm^3/N·m), ce qui est meilleur que celui du YG8 (0,06 mm^3/N·m, erreur ±0,01 mm^3/N·m), soulignant l'effet positif de la faible teneur en Co sur la résistance à l'usure.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté résistant à l'usure

Les performances du carbure cémenté résistant à l'usure sont affectées par une variété de facteurs et doivent être optimisées par le biais du processus :

Taille des grains

Les grains fins de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) réduisent considérablement le taux d'usure ; si la taille des grains dépasse 2 μm (erreur ± 0,01 μm), le taux d'usure peut augmenter de 15 % (erreur ± 3 %), ce qui est lié à la réduction de la surface limite des grains et de la concentration des contraintes.

Contenu Co

Une teneur en Co de 6 à 8 % (erreur ± 1 %) offre une ténacité modérée ; si elle dépasse 10 % (erreur ± 1 %), la dureté diminue d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui peut être dû à l'effet adoucissant de la phase Co.

Traitement de surface

Lorsque la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'usure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

diminue de 10 % (erreur ±2 %) ; si la rugosité dépasse 0,1 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'usure augmente de 15 % (erreur ±3 %), ce qui est étroitement lié aux caractéristiques de frottement de surface.

Charger

Sous la charge standard ASTM G65 de 130 N (erreur ± 1 N), les performances sont stables ; si la charge dépasse 200 N (erreur ± 1 N), le taux d'usure augmente de 10 % (erreur ± 2 %), ce qui indique que la résistance à l'usure du matériau est limitée sous des charges élevées.

Facteurs environnementaux

Dans les environnements sablonneux (teneur en SiO_2 > 50 %, ± 5 %), le taux d'usure peut augmenter de 20 % (± 3 %), ce qui nécessite une résistance à la corrosion supplémentaire ou une conception de protection.

³ /N · m (erreur ± 0,01 mm ³ /N · m) dans les mêmes conditions, indiquant l'impact négatif d'une taille de grain excessive sur les performances.

Stratégie d'optimisation pour le carbure cémenté résistant à l'usure

Pour atteindre un taux d'usure de < 0,06 mm^3 / N · m (erreur ± 0,01 mm^3 / N · m) et une dureté de > HV 2000 (erreur ± 30), la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Contrôle des grains

La taille des grains a été contrôlée à 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm) et la croissance des grains a été supprimée en ajoutant un inhibiteur VC (0,2 %, erreur ± 0,01 %).

Co-optimisation

La teneur en Co est maintenue à 6%-8% (erreur ±1%) pour équilibrer la dureté et la ténacité afin de répondre aux besoins de diverses applications.

Traitement de surface

La technologie de polissage de précision est utilisée pour contrôler la rugosité de la surface à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) afin de réduire la friction et l'usure.

Procédé de frittage

Le frittage est réalisé à une température de frittage de 1450°C (erreur ±10°C) et une pression de 50 MPa (erreur ±1 MPa) pour garantir que la densité atteigne >99,5% (erreur ±0,1%) et améliorer la densité du matériau.

Spécifications de test

Les performances d'usure ont été testées selon la norme ASTM G65 et la dureté a été testée selon la norme ASTM E92 pour vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, YG6 (grain 1 μm , erreur ±0,01 μm , surface Ra < 0,05 μm , erreur ±0,01 μm) a

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

présenté un taux d'usure de 0,05 mm³ /N · m (erreur ±0,01 mm³ /N · m), vérifiant l'efficacité de la stratégie d'optimisation.

Applications techniques du carbure cémenté résistant à l'usure

Le carbure cémenté résistant à l'usure présente d'excellentes performances dans les scénarios suivants :

Matrices d'emboutissage en carbure résistantes à l'usure

^{6} fois (erreur ±10 ^{5} fois) dans l'emboutissage haute fréquence et convient à la fabrication de pièces automobiles.

Garniture mécanique en carbure résistant à l'usure

Le YG8 (taux d'usure 0,06 mm³ / N · m, erreur ± 0,01 mm³ / N · m) a une durée de vie de plus de 10 ^{4} heures (erreur ± 10³ heures) dans les équipements de pompage, garantissant une stabilité à long terme des performances d'étanchéité.

Buse en carbure résistante à l'usure

Le YG6 (K_{1} c 10 MPa·m $^{1/2}$, erreur ±0,5) présente une excellente résistance à l'usure dans les équipements de sablage, et la rugosité de surface Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) prolonge la durée de vie.

Ces applications démontrent pleinement la valeur pratique d'une conception à faible taux d'usure dans des environnements à frottement élevé et à charge élevée, fournissant des solutions matérielles fiables pour la production industrielle.

10.4.2.2 Nuances typiques : YG6, YG8 (teneur en Co 6%-8%)

Nuances typiques de carbure cémenté YG6, YG8 (teneur en Co 6%-8%) Principes de base et aperçu technique

YG6 (WC6Co) et YG8 (WC8Co) sont des nuances typiques de carbure cémenté résistant à l'usure, avec une teneur en Co contrôlée à 6%-8% (erreur ±1%), une plage de dureté de HV 1800-2000 (erreur ±30), et un taux d'usure maintenu à <0,06 mm³ / N · m (erreur ±0,01 mm³ / N · m). La taille des grains est contrôlée avec précision à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm), ce qui le rend adapté aux moules avec des exigences élevées de résistance à l'usure (durée de vie>10⁶ fois, erreur ± 10⁵ fois) et aux joints (durée de vie>10⁴ heures, erreur ± 10³ heures) . Le YG6 est connu pour sa dureté plus élevée et est particulièrement adapté aux applications qui nécessitent une résistance à l'usure extrêmement élevée ; tandis que le YG8 a une teneur en Co légèrement plus élevée (8 %, erreur ± 1 %) et une ténacité légèrement meilleure (K_{1} c 12 MPa·m $^{1/2}$, erreur ± 0,5), il fonctionne donc bien dans les scénarios de résistance aux chocs.

Français Les méthodes d'essai comprennent l'essai d'usure (ASTM G65, charge 130 N, erreur ±1 N), l'essai de dureté (ASTM E92, charge 10 kg, erreur ±0,1 kg) et l'essai de ténacité à la rupture (ISO 28079, précision ±0,5 MPa·m $^{1/2}$) . Par exemple, la dureté de YG6 atteint HV 2000 (erreur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

±30), et le taux d'usure est de 0,05 mm ³ /N · m (erreur ±0,01 mm ³ /N · m) ; la dureté de YG8 est HV 1900 (erreur ±30), et la ténacité K ₁ c 12 MPa·m ¹ / ² (erreur ±0,5).

Mécanisme et analyse des nuances typiques de carbure cémenté YG6 et YG8 (teneur en Co 6%-8%) La faible teneur en Co de YG6 (6%, erreur ±1%) améliore considérablement la dureté (HV 2000, erreur ±30) en

réduisant la proportion de la phase de liaison, et le taux d'usure est réduit à 0,05 mm³ /N · m (erreur ±0,01 mm³ /N · m), ce qui est adapté aux exigences de résistance à l'usure élevées. La teneur en Co plus élevée de YG8 (8%, erreur ±1%) améliore la ténacité du matériau (K ₁ c 12 MPa·m ¹ / ² , erreur ±0,5), et présente une excellente résistance aux fissures, ce qui est particulièrement adapté aux scènes nécessitant une certaine résistance aux chocs. Français La granulométrie de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) assure l'effet de renforcement des joints de grains (densité des joints de grains > 10 ¹³ m ⁻ ² , erreur ± 10 ¹² m ⁻ ²) . L'analyse SEM montre que YG6 a une distribution uniforme des grains (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %) et une surface d'usure lisse (Ra < 0,05 μm , erreur ± 0,01 μm), reflétant la microstructure optimisée. Les tests EDS confirment que le Co est uniformément réparti (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %), garantissant ainsi la constance des performances. Les données des tests d'usure montrent que YG6 est supérieur à YG8 en termes de résistance à l'usure (taux d'usure 0,06 mm³/N · m, erreur ±0,01 mm³/N · m), ce qui est étroitement lié à la différence de teneur en Co.

Analyse des facteurs affectant les nuances typiques de carbure cémenté YG6 et YG8 (teneur en Co 6%-8%)

Les performances sont affectées par une combinaison des facteurs suivants :

Contenu Co

La teneur en Co de 6 % (erreur ± 1 %) de l'YG6 assure une dureté élevée ; celle de 8 % (erreur ± 1 %) de l'YG8 améliore la ténacité. Ces deux teneurs doivent être choisies en fonction de l'application.

Taille des grains

Une granulométrie de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) réduit le taux d'usure ; si elle dépasse 2 μm (erreur ± 0,01 μm), le taux d'usure augmente de 15 % (erreur ± 3 %).

Traitement de surface

Une rugosité de surface de Ra < 0,05 μm (erreur ± 0,01 μm) peut réduire le taux d'usure de 10 % (erreur ± 2 %), ce qui est obtenu en réduisant la surface de contact de la surface de frottement.

Charger

Les performances sont stables sous une charge de 130 N (erreur ±1 N) ; si la charge dépasse 200 N (erreur ±1 N), le taux d'usure augmente de 10 % (erreur ±2 %).

environnement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Un environnement sablonneux (SiO_2 >50%, ±5%) augmentera le taux d'usure de 20% (±3%) et nécessitera des mesures de protection supplémentaires.

^{3} /N · m (erreur ± 0,01 mm ^{3} /N · m) dans les mêmes conditions, mettant en évidence l'effet clé de la taille des grains sur la résistance à l'usure.

La stratégie d'optimisation pour les nuances de carbure cémenté YG6 et YG8 (teneur en Co de 6 à 8 %)
vise à obtenir un taux d'usure inférieur à 0,06 mm³/N·m (erreur de ± 0,01 mm³/N·m) et une dureté supérieure à HV 1900 (erreur de ± 30). Les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Sélection des notes
Le YG6 est adapté aux exigences de dureté élevée, tandis que le YG8 est adapté aux exigences de ténacité élevées. À choisir en fonction de l'application.

Contrôle des grains
La taille des grains est contrôlée à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) et un inhibiteur VC (0,2 %, erreur ±0,01 %) est utilisé pour empêcher que les grains ne soient trop gros.

Co-optimisation
La teneur en Co est maintenue entre 6% et 8% (erreur ±1%) pour obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité.

Traitement de surface
Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) et le taux d'usure est réduit de 10 % (erreur ±2 %).

Spécifications de test
La norme ASTM G65 est utilisée pour tester les performances d'usure et la norme ASTM E92 est utilisée pour tester la dureté afin de garantir que les performances répondent aux normes.
Par exemple, le taux d'usure du YG6 (granulométrie 0,5 μm , erreur ±0,01 μm) atteint 0,05 mm³/N·m (erreur ±0,01 mm³/N·m), ce qui vérifie l'efficacité de la stratégie d'optimisation.

Les nuances typiques de carbure cémenté YG6 et YG8 (teneur en Co de 6 à 8 %) sont utilisées dans les applications d'ingénierie
et fonctionnent bien dans les scénarios suivants :

YG6
Les matrices d'emboutissage (dureté HV 2000, tolérance ±30) ont une durée de vie de plus de 10 ^{6} fois (tolérance ±10 ^{5} fois) dans l'emboutissage haute fréquence et sont largement utilisées dans le formage des métaux.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YG8
Les garnitures mécaniques (K ₁ c 12 MPa·m ¹ / ² , tolérance ±0,5) ont une durée de vie de plus de 10 ⁴ heures (tolérance ±10 ³ heures) dans les équipements de pompage, garantissant un effet d'étanchéité à long terme.
ajutage

Le YG6 (taux d'usure 0,05 mm³ / N · m, erreur ± 0,01 mm³ / N · m) présente une excellente résistance à l'usure dans les équipements de sablage et répond aux conditions de débit élevé.
Ces applications montrent que YG6 et YG8 répondent avec succès aux divers besoins dans le domaine de la résistance à l'usure en se concentrant sur des performances différentes.

10.4.2.3 Applications de YG6 et YG8 (teneur en Co 6%-8%) : moules, joints et buses

) **Principes de base et aperçu technique**
Le carbure cémenté résistant à l'usure présente d'excellentes performances dans des applications telles que les moules (durée de vie > 10 ⁶ fois, erreur ± 10 ⁵ fois), les joints (durée de vie > 10 ⁴ heures, erreur ± 10 ³ heures) et les buses (durée de vie à l'impact du fluide > 10 ⁴ heures, erreur ± 10 ³ heures) avec une dureté HV 1800-2000 (erreur ± 30) et un faible taux d'usure (< 0,06 mm ³ / N · m , erreur ± 0,01 mm ³ /N · m). La granulométrie est contrôlée avec précision entre 0,5 et 1 μm (erreur ± 0,01 μm), la teneur en Co est de 6 à 8 % (erreur ± 1 %), et la résistance à l'usure et la durée de vie sont encore améliorées par le polissage de surface (Ra < 0,05 μm , erreur ± 0,01 μm). Les excellentes propriétés de ces matériaux en font le premier choix pour les pièces hautement résistantes à l'usure dans le domaine industriel, en particulier pour les équipements nécessitant un fonctionnement stable à long terme.

Français Les méthodes d'essai comprennent les essais d'usure (ASTM G65, charge 130 N, erreur ±1 N), les essais de fatigue (ASTM E466, précision ±10 ⁴ fois) et les essais de rugosité de surface (ISO 4287, précision ±0,001 μm). Par exemple, YG6 (grain 1 μm , erreur ±0,01 μm) a une durée de vie de plus de 10 ⁶ fois (erreur ±10 ⁵ fois) dans les applications de moulage, et le taux d'usure de la buse reste à 0,05 mm³/N · m (erreur ±0,01 mm³/N · m).

Mécanisme et analyse du carbure cémenté YG6, YG8 (teneur en Co 6%-8%)
La structure à grains fins (0,5-1 μm , erreur ±0,01 μm) assure la dureté (HV 2000, erreur ±30) grâce à une densité de joints de grains élevée (>10 ¹³ m ⁻ ² , erreur ±10 ¹² m ⁻ ²), et la teneur en Co (6%, erreur ±1%) assure la ténacité (K ₁ c 10 MPa·m ¹ / ² , erreur ± 0,5) grâce à une déformation plastique (allongement 1%, erreur ±0,1%) , et le taux d'usure est maintenu à <0,06 mm ³ /N · m (erreur ±0,01 mm ³ /N · m). Français Le polissage de surface (Ra<0,05 μm , erreur ±0,01 μm) réduit considérablement le coefficient de frottement (<0,5, erreur ±0,05) et réduit l'usure. L'analyse SEM montre que la distribution d'usure du YG6 dans les applications de moulage est uniforme (profondeur <0,05 mm, erreur ±0,01 mm), reflétant la microstructure optimisée. Les tests EDS confirment que le Co est uniformément réparti (écart <0,1 %, erreur ±0,02 %), ce qui garantit la stabilité des propriétés du matériau. Les données des tests de fatigue montrent que la durée de vie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

du YG6 est >10 ⁶ fois (erreur ±10 ⁵ fois), ce qui est meilleur que celui du YG8 (10 ⁵ fois, erreur ±10 ⁴ fois, Co 8 %, erreur ±1 %), ce qui est étroitement lié à la teneur en Co plus faible et à la dureté plus élevée.

Analyse des facteurs affectant l'application du carbure cémenté YG6 et YG8 (teneur en Co 6%-8%)

L'effet de l'application est affecté par de nombreux facteurs :

Taille des grains

0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) augmente la durée de vie ; si elle dépasse 2 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'usure augmente de 15 % (erreur ±3 %), probablement en raison de la réduction des joints de grains.

Contenu Co

Une teneur en Co de 6 à 8 % (erreur ± 1 %) permet d'obtenir des performances équilibrées ; si elle dépasse 10 % (erreur ± 1 %), la dureté diminue de 10 % (erreur ± 2 %), affectant la résistance à l'usure.

Rugosité de surface

Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) augmente la durée de vie de 15 % (erreur ±3 %) ; si la rugosité est >0,1 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'usure augmente de 10 % (erreur ±2 %).

Conditions de travail

Lorsque la vitesse d'impact du fluide est > 10 m/s (erreur ± 0,1 m/s), YG6 fonctionne bien ; dans des conditions de faible charge, YG8 est plus adapté.

Facteurs environnementaux

L'environnement sablonneux entraîne une augmentation du taux d'usure de 20 % (erreur ± 3 %) et nécessite une protection ciblée.

Par exemple, la durée de vie du YG8 (rugosité de surface Ra>0,1 μm , erreur ±0,01 μm) dans l'application de la buse tombe à 5×10³ heures (erreur ±500 heures), ce qui indique l'importance de la qualité de surface.

La stratégie d'optimisation pour les carbures cémentés YG6 et YG8 (teneur en Co de 6 à 8 %) vise une durée de vie > 10 ⁶ fois (erreur ± 10 ⁵ fois) et un taux d'usure < 0,06 mm³/N·m (erreur ± 0,01 mm³/N·m). Les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Sélection des notes

Le YG6 convient aux moules et le YG8 aux joints. À choisir en fonction des exigences de l'application.

Contrôle des grains

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

La taille des grains a été contrôlée à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) et la croissance des grains a été supprimée par VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Optimisation de surface

Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) et le taux d'usure est réduit de 10 % (erreur ±2 %).

Procédé de frittage

Le frittage a été réalisé à 1450°C (±10°C) avec une pression de 50 MPa (±1 MPa) pour garantir une densité de >99,5% (±0,1%).

Spécifications de test

Utilisez la norme ASTM G65 pour tester l'usure et la norme ISO 4287 pour tester la rugosité de la surface afin de garantir que les performances sont conformes aux normes.

Par exemple, la durée de vie du YG6 (grain 0,5 μm , erreur ±0,01 μm , Ra < 0,05 μm , erreur ±0,01 μm) dans le moule a dépassé 10^{6} fois (erreur $\pm 10^{5}$ fois), vérifiant le succès de la stratégie d'optimisation.

Le carbure cémenté YG6, YG8 (teneur en Co 6%-8%)

résistant à l'usure pour applications techniques fonctionne bien dans les scénarios suivants :

matrice d'estampage

^{6} fois (erreur $\pm 10^{5}$ fois) dans l'emboutissage haute fréquence et est largement utilisé dans la fabrication de précision.

garniture mécanique

Le YG8 (K_{1c} 12 MPa·$m^{1/2}$, erreur ±0,5) a une durée de vie de $>10^{4}$ heures (erreur $\pm 10^{3}$ heures) dans les équipements de pompage, garantissant une fiabilité opérationnelle à long terme.

Buse de sablage

Le YG6 (taux d'usure 0,05 mm^3 / N · m, erreur ± 0,01 mm^3 / N · m) a une durée de vie > 10^4 heures (erreur ± 10^3 heures) en sablage à grande vitesse , répondant aux besoins industriels.

Ces applications démontrent pleinement les performances exceptionnelles du carbure cémenté résistant à l'usure dans des scénarios de durée de vie élevée et de résistance à l'usure élevée, offrant des options de matériaux efficaces et durables pour les industries connexes.

10.4.3 Carbure cémenté pour la résistance à la corrosion

Le carbure cémenté résistant à la corrosion se caractérise par son faible taux de corrosion (< 0,1 mm/an, erreur ± 0,01 mm/an) et son excellente stabilité chimique (perte de poids < 0,1 mg/cm^2 , erreur ± 0,01 mg/cm^2) . Il est largement utilisé dans des conditions extrêmes telles que les

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

environnements acido-basiques (pH 2-12, erreur ± 0,1) et les environnements de brouillard salin (NaCl > 5 %, erreur ± 0,1 %). Ces matériaux forment une couche protectrice de passivation efficace grâce à la conception optimisée de la base Ni (teneur en Ni 8 %-15 %, erreur ± 1 %) et de l'ajout de Cr (teneur en Cr 0,5 %-2 %, erreur ± 0,01 %), ce qui améliore considérablement la résistance à la corrosion. Le carbure cémenté résistant à la corrosion est performant dans les équipements chimiques (durée de vie > 5 ans, erreur ± 0,5 an) et l'ingénierie navale (durée de vie > 3 ans, erreur ± 0,3 an), et sa stabilité de performance offre une garantie de matériau fiable pour ces industries. Le procédé de préparation du matériau adopte une technologie précise de métallurgie des poudres, combinée à un contrôle granulométrique (0,5-2 μm , erreur ± 0,01 μm) et à un frittage à haute température (1450 °C, erreur ± 10 °C), garantissant le développement coordonné de la microstructure et des macro-propriétés.

Cette section part des deux aspects de l'optimisation des performances et des scénarios d'application des alliages à base de Ni et de Cr ajouté, et combine une analyse détaillée des mécanismes, une discussion des facteurs d'influence et des stratégies d'optimisation pour analyser en profondeur leurs caractéristiques techniques et leur valeur d'application technique.

10.4.3.1 Alliages à base de Ni et de Cr ajouté : taux de corrosion < 0,1 mm/an

Aperçu des principes de base et des technologies du carbure cémenté résistant à la corrosionNi
Le carbure cémenté à base de Cr (teneur en Ni de 8 à 15 %, erreur de ± 1 %) et l'alliage additionné de Cr (teneur en Cr de 0,5 à 2 %, erreur de ± 0,01 %) inhibent efficacement la vitesse de corrosion à < 0,1 mm/an (erreur de ± 0,01 mm/an) en formant une couche de passivation NiO /Cr_2O_3 (épaisseur d'environ 10 nm, erreur de ± 1 nm) sur la surface. Ces matériaux ont également une dureté modérée (HV 1500-1800, erreur de ± 30) et une ténacité modérée (K_{1c} 10-12 MPa·m¹ / ², erreur de ± 0,5), ce qui leur permet de fonctionner de manière stable pendant une longue période dans des environnements acides (pH < 3, erreur de ± 0,1) ou à forte salinité (NaCl > 5 %, erreur de ± 0,1 %). La taille des grains est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm (erreur ±0,01 μm), et une densité élevée et une structure uniforme sont obtenues grâce à un processus de frittage à 1450°C (erreur ±10°C), répondant aux exigences complètes des applications industrielles en matière de résistance à la corrosion et de propriétés mécaniques.

Français Les méthodes d'essai comprennent l'essai de corrosion au brouillard salin (ISO 9227, température 35 °C, erreur ± 1 °C), l'essai électrochimique (ASTM G59, vitesse de balayage 0,1 mV/s, erreur ± 0,01 mV/s) et l'essai de performance d'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³ / N · m). Par exemple, le WC10Ni0.5Cr (grain 1 μm , erreur ± 0,01 μm) a montré une vitesse de corrosion de 0,08 mm/an (erreur ± 0,01 mm/an) et une dureté de HV 1600 (erreur ± 30), ce qui a pleinement vérifié ses avantages en termes de performance.

Mécanisme et analyse du carbure cémenté résistant à la corrosion
La stabilité électrochimique du Ni (E_corr environ 0,1 V, erreur ±0,02 V vs. SCE) est significativement meilleure que celle des alliages traditionnels à base de Co (0,3 V, erreur ±0,02 V),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

et la pénétration des ions Cl^- est efficacement bloquée en formant une couche de passivation NiO (épaisseur 10 nm, erreur ±1 nm) (taux de pénétration $<10^{-10}$ cm^2/s, erreur $\pm10^{-11}$ cm^2/s). Français L'ajout de Cr réduit encore la densité de courant de corrosion ($i_{corr}<10^{-6}$ A/cm^2, erreur $\pm10^{-7}$ A/cm^2) en générant une couche de Cr_2O_3 (épaisseur 10 nm, erreur ±1 nm) , améliorant ainsi la résistance du matériau à la corrosion par piqûres. La dureté du HV 1600 (erreur ±30) est principalement assurée par une forte proportion de WC (>80 %, erreur ±1 %), tandis que le Ni comme phase liante (teneur 10 %, erreur ±1 %) assure une ténacité de K_{1c} 10 $MPa \cdot m^{1/2}$ (erreur ±0,5) par déformation plastique (allongement 1 %, erreur ±0,1 %). Français L'analyse SEM montre que la distribution des grains de WC10Ni0.5Cr est très uniforme (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %), et la spectroscopie XPS confirme en outre la présence de NiO (Ni 2p environ 854 eV, erreur ± 0,1 eV) et de Cr_2O_3 (Cr 3p environ 577 eV, erreur ± 0,1 eV). Un test de corrosion au brouillard salin (d'une durée de 1 000 heures, erreur ± 100 heures) a montré que le taux de corrosion de WC10Ni0.5Cr était stable à 0,08 mm/an (erreur ± 0,01 mm/an), montrant une excellente résistance à la corrosion.

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté résistant à la corrosion

La résistance à la corrosion et les propriétés mécaniques des matériaux sont considérablement affectées par de nombreux facteurs :

Teneur en Ni

La résistance à la corrosion est optimale lorsque la teneur en Ni est de 10 % (erreur ± 1 %) ; si elle dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la dureté diminue d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui peut être dû à l'effet adoucissant de la phase Ni.

Teneur en Cr

Une teneur en Cr de 0,5 à 1 % (erreur ± 0,01 %) forme une couche de passivation stable ; si elle dépasse 2 % (erreur ± 0,01 %), la ténacité K_{1c} diminue d'environ 15 % (erreur ± 3 %) et la fragilité peut augmenter en raison d'un excès de Cr.

Taille des grains

Une granulométrie de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) minimise le taux de corrosion ; si elle dépasse 2 μm (erreur ± 0,01 μm), le taux de piqûres augmente de 15 % (erreur ± 3 %), ce qui est lié à la réduction des joints de grains.

Conditions environnementales

Dans un environnement fortement acide (pH < 2, erreur ± 0,1), la densité de courant de corrosion i_corr augmente de 20 % (erreur ± 5 %) ; dans un environnement à forte salinité (NaCl > 5 %, erreur ± 0,1 %), le taux de piqûres augmente de 10 % (erreur ± 2 %).

Traitement de surface

Lorsque la rugosité de surface Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), le taux de corrosion diminue de 15 % (erreur ±3 %) ; si la rugosité est >0,1 μm (erreur ±0,01 μm), le taux de corrosion peut augmenter.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Par exemple, le taux de corrosion du WC15Ni (sans ajout de Cr) a augmenté jusqu'à 0,12 mm/an (erreur ± 0,01 mm/an) dans les mêmes conditions, indiquant le rôle clé de l'ajout de Cr sur la résistance à la corrosion.

Stratégie d'optimisation pour le carbure cémenté résistant à la corrosion

Pour atteindre un taux de corrosion de < 0,1 mm/an (erreur ± 0,01 mm/an) et une dureté de > HV 1600 (erreur ± 30), la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Optimisation des ingrédients

La teneur en Ni est contrôlée à 8%-12% (erreur ±1%), et la teneur en Cr est contrôlée à 0,5%-1% (erreur ±0,01%) pour former une couche de passivation efficace.

Contrôle des grains

La taille des grains a été maintenue à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) et la croissance des grains a été empêchée par l'ajout d'un inhibiteur VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Traitement de surface

La technologie de polissage de précision est utilisée pour contrôler la rugosité de surface à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), réduisant le taux de piqûres de 15 % (erreur ±3 %).

Procédé de frittage

Le processus de frittage est réalisé à une température de frittage de 1450°C (tolérance ±10°C) et une pression de 50 MPa (tolérance ±1 MPa) pour garantir une densité de >99,5% (±0,1%) et améliorer la résistance à la corrosion.

Spécifications de test

Un test de corrosion par brouillard salin selon la norme ISO 9227 et un test de performance électrochimique selon la norme ASTM G59 ont été utilisés pour vérifier l'effet d'optimisation.
Par exemple, le taux de corrosion du WC10Ni0,5Cr (taille des grains 1 μm , erreur ±0,01 μm) s'est stabilisé à 0,08 mm/an (erreur ±0,01 mm/an) après optimisation, montrant une amélioration significative des performances.

pour les applications techniques en carbure cémenté résistant à la corrosion,
ils fonctionnent bien dans les scénarios suivants :

pompes chimiques

La durée de vie du WC10Ni0,5Cr (taux de corrosion 0,08 mm/an, erreur ± 0,01 mm/an) en milieu acide dépasse 5 ans (erreur ± 0,5 an), garantissant un fonctionnement à long terme de l'équipement.

Vannes marines

Le WC12Ni1Cr (dureté HV 1600, erreur ±30) a une durée de vie de plus de 3 ans (erreur ±0,3 an)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

en milieu marin et présente une résistance exceptionnelle à la corrosion par brouillard salin.

Pipe à acide

Le WC10Ni (K_{1c} 10 MPa·m$^{1/2}$, erreur ±0,5) a une durée de vie de plus de 5 ans (erreur ±0,5 an) dans des conditions acides de pH <3 (erreur ±0,1), répondant aux exigences des environnements hautement corrosifs.

Ces applications démontrent pleinement la fiabilité et la praticité des alliages à base de Ni et de Cr ajouté dans des environnements difficiles, fournissant un support matériel efficace pour l'ingénierie chimique et marine.

10.4.3.2 Application du carbure cémenté résistant à la corrosion : équipements chimiques et génie maritime

Aperçu des principes de base et des technologies des applications du carbure cémenté résistant à la corrosion.

Grâce à sa faible vitesse de corrosion (< 0,1 mm/an, erreur ± 0,01 mm/an) et à son excellente stabilité chimique, le carbure cémenté résistant à la corrosion est largement utilisé dans les équipements chimiques (pompes, vannes, durée de vie > 5 ans, erreur ± 0,5 an) et l'ingénierie marine (vannes, outils de forage, durée de vie > 3 ans, erreur ± 0,3 an). L'effet synergique de la teneur en Ni (8 %-15 %, erreur ± 1 %) et de la teneur en Cr (0,5 %-2 %, erreur ± 0,01 %) forme une couche de passivation NiO /Cr_2O_3, avec une granulométrie contrôlée à 0,5-2 μm (erreur ± 0,01 μm) et une plage de dureté de HV 1500-1800 (erreur ± 30). Le polissage de surface (Ra<0,05 μm , erreur ±0,01 μm) améliore encore la durabilité et la résistance à la corrosion du matériau, lui permettant de fonctionner longtemps dans des environnements acides et à forte salinité. Ces propriétés en font un matériau incontournable dans les domaines chimique et marin.

Français Les méthodes d'essai comprennent l'essai de corrosion au brouillard salin (ISO 9227, 1000 heures, erreur ±100 heures), l'essai de performance électrochimique (ASTM G59, précision ±0,001 V) et l'essai de performance de fatigue (ASTM E466, précision ±10 ⁴ fois). Par exemple, le WC10Ni0,5Cr (grain 1 μm , erreur ±0,01 μm) a une durée de vie de plus de 3 ans (erreur ±0,3 an) dans un environnement NaCl 5 % (erreur ±0,1 %), démontrant son potentiel d'application en ingénierie marine.

de **carbure cémenté pour la résistance à la corrosion**

La couche de passivation NiO / Cr_2O_3 (épaisseur 10 nm, erreur ±1 nm) protège le matériau de la matrice en réduisant le taux de corrosion (0,08 mm/an, erreur ±0,01 mm/an), le WC (teneur >80%, erreur ±1%) fournit la dureté (HV 1600, erreur ±30), et le Ni (teneur 10%, erreur ±1%) assure la ténacité (K_{1c} 10 MPa·m$^{1/2}$, erreur ±0,5) par déformation plastique (allongement 1 %, erreur ±0,1%), empêchant efficacement l'expansion de la corrosion par piqûres (<0,01 mm, erreur ±0,001 mm). Français L'analyse SEM montre que la surface du WC10Ni0.5Cr est lisse après corrosion (Ra<0,05 μm , erreur ±0,01 μm), et le spectre XPS confirme la présence de NiO (Ni 2p environ 854

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

eV, erreur ±0,1 eV) et de Cr_2O_3 (Cr 3p environ 577 eV, erreur ±0,1 eV). Les données des tests de corrosion au brouillard salin montrent que l'alliage a une durée de vie de plus de 3 ans (erreur ±0,3 an). En comparaison, les performances de l'alliage WC10Co traditionnel (taux de corrosion de 0,5 mm/an, erreur ±0,01 mm/an) sont nettement inférieures, soulignant la supériorité de l'ajout de Ni et de Cr.

Analyse des facteurs affectant l'application du carbure cémenté résistant à la corrosion

L'effet de l'application est affecté par une combinaison de facteurs :

Teneur en Ni/Cr

La résistance à la corrosion est optimale lorsque la teneur en Ni est de 10 % (erreur ± 1 %) et la teneur en Cr est de 0,5 % (erreur ± 0,01 %) ; si Ni dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la dureté diminue de 10 % (erreur ± 2 %) ; si Cr dépasse 2 % (erreur ± 0,01 %), la ténacité diminue.

Taille des grains

Une granulométrie de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) réduit la corrosion par piqûres ; si elle dépasse 2 μm (erreur ± 0,01 μm), le taux de piqûres augmente de 15 % (erreur ± 3 %).

Rugosité de surface

Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) augmente la durée de vie de 15 % (erreur ±3 %) ; si la rugosité est >0,1 μm (erreur ±0,01 μm), le taux de corrosion augmente de 10 % (erreur ±2 %).

Conditions environnementales

Dans un environnement fortement acide (pH < 2, erreur ± 0,1), le taux de corrosion augmente de 20 % (erreur ± 3 %) ; dans un environnement à forte salinité (NaCl > 10 %, erreur ± 0,1 %), le taux de piqûres augmente de 15 % (erreur ± 3 %).

Conditions de chargement

Lorsque la vitesse d'impact du fluide est > 10 m/s (erreur ± 0,1 m/s), une ténacité plus élevée est requise pour résister aux dommages mécaniques.

Par exemple, la durée de vie du WC15Ni (rugosité de surface Ra>0,1 μm , erreur ±0,01 μm) dans un environnement marin est réduite à 2 ans (erreur ±0,2 an), indiquant l'influence décisive de la qualité de surface sur la durée de vie.

La stratégie d'optimisation pour l'application du carbure cémenté résistant à la corrosion vise une durée de vie supérieure à 3 ans (erreur ± 0,3 an) et une vitesse de corrosion inférieure à 0,1 mm/an (erreur ± 0,01 mm/an). Les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Optimisation des ingrédients

La teneur en Ni est contrôlée à 8%-12% (erreur ±1%), et la teneur en Cr est contrôlée à 0,5%-1% (erreur ±0,01%) pour améliorer l'effet de passivation.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Contrôle des grains

La taille des grains a été maintenue à 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm) et la microstructure a été optimisée par l'inhibiteur VC (0,2 %, erreur ± 0,01 %).

Optimisation de surface

Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) et le taux de piqûres est réduit de 15 % (erreur ±3 %).

Procédé de frittage

Le frittage a été réalisé à une température de frittage de 1450°C (erreur ±10°C) et une pression de 50 MPa (erreur ±1 MPa), assurant une densité de >99,5% (erreur ±0,1%).

Spécifications de test

La norme ISO 9227 est utilisée pour les tests de corrosion par brouillard salin et la norme ASTM G59 est utilisée pour les tests de performance électrochimique afin de garantir que les performances sont conformes aux normes.

Par exemple, la durée de vie du WC10Ni0,5Cr (rugosité de surface Ra < 0,05 μm , erreur ± 0,01 μm) après optimisation a dépassé 3 ans (erreur ± 0,3 an), vérifiant l'efficacité de la stratégie.

Applications du carbure cémenté résistant à la corrosion Applications d'ingénierie

Le carbure cémenté résistant à la corrosion fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Vannes chimiques en carbure résistantes à la corrosion

Le WC10Ni0,5Cr (taux de corrosion 0,08 mm/an, erreur ± 0,01 mm/an) a une durée de vie de plus de 5 ans (erreur ± 0,5 an) dans les milieux acides et convient au contrôle des processus chimiques.

Outils de forage offshore en carbure cémenté résistant à la corrosion

Le WC12Ni1Cr (dureté HV 1600, erreur ±30) a une durée de vie de plus de 3 ans (erreur ±0,3 an) en milieu marin, répondant aux besoins de l'exploitation minière en haute mer.

Réacteur acide en carbure cémenté pour la résistance à la corrosion

WC10Ni (K_{IC} 10 $MPa \cdot m^{1/2}$, erreur ±0,5) a une durée de vie de plus de 5 ans dans des conditions acides de pH <3 (erreur ±0,1)
(erreur ±0,5 an), assurant le fonctionnement sûr du réacteur.

Ces applications démontrent pleinement les excellentes performances du carbure cémenté résistant à la corrosion dans l'ingénierie chimique et marine, fournissant des solutions de matériaux efficaces et durables pour les industries connexes.

10.4.4 Carbure cémenté pour application à haute température

Français Les carbures cémentés haute température sont largement utilisés dans les applications

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

nécessitant une durabilité dans des environnements à températures extrêmement élevées, avec leur excellente résistance à l'oxydation (> 1000 °C, ± 10 °C, gain de poids à l'oxydation < 0,5 mg/cm² , ± 0,05 mg/cm²) et leur excellente stabilité thermique (perte de dureté < 10 %, ± 2 %) comme principales caractéristiques. Ces matériaux excellent dans les applications aérospatiales (durée de vie de l'outil > 5000 heures, ± 500 heures) et les composants énergétiques (durée de vie > 10^4 heures, ± 10^3 heures), grâce à leurs systèmes de matériaux à base de TiC ou de WC, combinés à des ajouts de renforcement de Mo/Nb (teneur 2 %-10 %, ± 0,1 %) et à un contrôle précis de la granulométrie (1-2 µm , ± 0,01 µm). Grâce à un procédé de frittage à 1500°C (±10°C), ces alliages atteignent une densité élevée et une microstructure homogène, garantissant une fiabilité à long terme dans des conditions de température élevée.

Cette section part des deux aspects des exigences de performance et des applications, et combine l'analyse des mécanismes, la discussion des facteurs d'influence et les stratégies d'optimisation pour analyser de manière exhaustive ses caractéristiques techniques et son potentiel d'application technique.

10.4.4.1 Exigences de performance pour le carbure cémenté à haute température : résistance à l'oxydation (> 1000 °C)

carbure cémenté haute température

Le carbure cémenté à haute température est conçu pour maintenir la résistance à l'oxydation (gain de poids d'oxydation < 0,5 mg/cm² , erreur ± 0,05 mg/cm²) à des températures extrêmement élevées dépassant 1 000 °C (erreur ± 10 ° C) , tout en maintenant une dureté élevée (HV 1 800-2 000, erreur ± 30) et une résistance à la fracture modérée (résistance à la fracture 6-10 MPa·m¹ / ², erreur ± 0,5). Le matériau est principalement à base de TiC (teneur 60%-80%, erreur ±1%) ou de WC (teneur >80%, erreur ±1%), avec ajout de Mo/Nb (teneur 2%-5%, erreur ±0,1%) pour former une phase de renforcement Mo_2C/ NbC . La granulométrie est contrôlée à 1-2 µm (erreur ±0,01 µm), et est préparé par frittage à 1500°C (erreur ±10°C). Cette conception garantit la stabilité du matériau sous oxydation à haute température et contraintes mécaniques, le rendant particulièrement adapté aux composants critiques des industries aérospatiale et énergétique.

Français Les méthodes d'essai comprennent un essai d'oxydation à haute température (ASTM E1876, température 1000°C, erreur ±10°C), un essai de dureté (ASTM E92, charge 10 kg, erreur ±0,1 kg) et un essai d'usure (ASTM G99, charge 10 N, erreur ±0,1 N). Par exemple, TiC20Ni5Mo (grain 1 µm , erreur ±0,01 µm) a un gain de poids d'oxydation de seulement 0,3 mg/cm² (erreur ±0,05 mg/cm²) à haute température et une dureté de HV 1900 (erreur ±50), démontrant ses excellentes performances.

Mécanisme et analyse du carbure cémenté à haute température

L'énergie de liaison covalente élevée du TiC (environ 500 kJ/mol, erreur ±10 kJ/mol) lui confère une excellente stabilité thermique. La phase de renforcement Mo_2C (température de formation 1000°C, erreur ±10°C) améliore considérablement la résistance à l'oxydation en augmentant la force

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de liaison de l'interface (>100 MPa, erreur ±10 MPa), et le gain de poids d'oxydation est contrôlé à <0,5 mg/cm² (erreur ±0,05 mg/cm²) . Le Ni comme phase liante (teneur 20 %, erreur ±1 %) garantit que la résistance à la fracture atteint 8 MPa·m¹ / ² (erreur ±0,5) par déformation plastique (allongement 1 %, erreur ±0,1 %) , empêchant efficacement la propagation des fissures à haute température. L'analyse SEM montre que la distribution des grains de TiC20Ni5Mo est uniforme (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %), et que les particules de Mo_2C (taille 0,1 μm , erreur ± 0,01 μm) sont uniformément intégrées dans l'interface, optimisant davantage la microstructure. La spectroscopie XPS confirme les couches de TiO_2 (Ti 2p environ 459 eV, erreur ± 0,1 eV) et de NiO générées sur la surface après oxydation à haute température , ce qui améliore la résistance à l'oxydation du matériau. Les résultats des tests à haute température montrent que le gain de poids d'oxydation du TiC20Ni5Mo est de 0,3 mg/cm² (erreur ±0,05 mg/cm²) , ce qui est nettement meilleur que le WC10Co traditionnel (gain de poids d'oxydation 0,8 mg/cm² , erreur ±0,05 mg/cm²) .

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté à haute température

La performance des matériaux est affectée par une combinaison de facteurs :

Teneur en Mo/Nb

La résistance à l'oxydation est optimale lorsque la teneur en Mo/Nb est de 5 % (erreur ± 0,1 %) ; si elle dépasse 10 % (erreur ± 0,1 %), la résistance à la rupture diminue d'environ 15 % (erreur ± 3 %), ce qui peut être dû à une phase de renforcement excessive conduisant à une fragilité accrue.

Taille des grains

La granulométrie de 1 à 2 μm (erreur ± 0,01 μm) minimise le gain de poids d'oxydation ; si elle dépasse 5 μm (erreur ± 0,01 μm), le gain de poids d'oxydation augmente de 15 % (erreur ± 3 %), ce qui est lié à la réduction des joints de grains.

Teneur en Ni

Une teneur en Ni de 20 % (erreur ± 1 %) offre la meilleure résistance à la fracture ; si elle dépasse 30 % (erreur ± 1 %), la dureté diminue d'environ 10 % (erreur ± 2 %) en raison de l'effet adoucissant de la phase Ni.

Température ambiante

À > 1200 °C (erreur ± 10 °C), le gain de poids d'oxydation a augmenté de 20 % (erreur ± 3 %), et le revêtement anti-oxydation doit être encore optimisé.

Traitement de surface

Lorsque la rugosité de surface Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'oxydation diminue de 10 % (erreur ±2 %) ; si la rugosité est plus élevée, le taux d'oxydation peut s'accélérer.

Par exemple, la résistance à la fracture du TiC20Ni10Mo (teneur en Mo > 10 %, erreur ± 0,1 %) à haute température chute à 5 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5), indiquant l'impact négatif d'une teneur excessive en Mo/Nb sur les performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Stratégie d'optimisation pour le carbure cémenté à haute température

Pour obtenir un gain de poids d'oxydation < 0,5 mg/cm² (erreur ± 0,05 mg/cm²) et une dureté > HV 1800 (erreur ± 50), la stratégie d'optimisation suivante est recommandée :

Optimisation des ingrédients

La teneur en Mo/Nb est contrôlée à 2%-5% (erreur ±0,1%), et la teneur en Ni est contrôlée à 15%-20% (erreur ±1%) pour équilibrer la résistance à l'oxydation et les propriétés mécaniques.

Contrôle des grains

La taille des grains a été maintenue à 1-2 μm (erreur ±0,01 μm), et la taille des grains a été empêchée d'être trop grande en ajoutant un inhibiteur VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Traitement de surface

La technologie de polissage de précision est utilisée pour contrôler la rugosité de surface à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), réduisant le taux d'oxydation de 10 % (erreur ±2 %).

Procédé de frittage

Le processus de frittage est réalisé à une température de frittage de 1500°C (erreur ±10°C) et une pression de 50 MPa (erreur ±1 MPa) pour garantir une densité de >99,5% (erreur ±0,1%) et améliorer la stabilité à haute température.

Spécifications de test

La norme ASTM E1876 a été utilisée pour tester les performances d'oxydation à haute température et la norme ASTM G99 a été utilisée pour tester les performances d'usure afin de vérifier l'effet d'optimisation.

Par exemple, le gain de poids d'oxydation de TiC20Ni5Mo (taille de grain 1 μm , erreur ±0,01 μm) après optimisation n'est que de 0,3 mg/cm² (erreur ±0,05 mg/cm²) , ce qui vérifie l'efficacité de la stratégie.

Applications techniques du carbure cémenté à haute température

Le carbure cémenté à haute température fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Outils d'aviation

Le TiC20Ni5Mo (dureté HV 1900, erreur ±50) a une durée de vie de plus de 5000 heures (erreur ±500 heures) en découpe à haute température, répondant aux besoins de la fabrication aéronautique.

turbine à gaz

Le WC10Ni5Nb (gain de poids d'oxydation 0,3 mg/cm² , erreur ±0,05 mg/ cm²) a une durée de vie de plus de 10^4 heures (erreur ±10^3 heures) dans un environnement de gaz à haute température, garantissant un fonctionnement efficace.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Moule à haute température

Le TiC15Ni5Mo (résistance à la rupture 8 MPa·m $^{1/2}$, erreur ±0,5) a une durée de vie de plus de 10 ^{5} fois (erreur ±10 ^{4} fois) dans le formage à chaud et convient au traitement à haute température. Ces applications démontrent pleinement la fiabilité et la valeur pratique du carbure cémenté à haute température dans des environnements thermiques extrêmes, fournissant un support matériel efficace pour les industries aérospatiales et énergétiques.

10.4.4.2 Applications du carbure cémenté à haute température : composants aérospatiaux et énergétiques

Composants aérospatiaux et énergétiques en carbure cémenté haute température : principes de base et aperçu technique

Le carbure cémenté haute température est largement utilisé dans le domaine aérospatial (outils, aubes de turbine, durée de vie > 5000 heures, erreur ± 500 heures) et les composants énergétiques (turbines à gaz, composants nucléaires, durée de vie > 10 ^{4} heures, erreur ± 10 ^{3} heures) en raison de son excellente résistance à l'oxydation (> 1000 °C, erreur ± 10 °C, gain de poids à l'oxydation < 0,5 mg/cm², erreur ± 0,05 mg/cm²). Ce matériau est à base de TiC ou de WC, avec une teneur en Mo/Nb de 2 à 5 % (erreur de ± 0,1 %) pour former une phase de renforcement, une granulométrie contrôlée à 1-2 μm (erreur de ± 0,01 μm) et une dureté comprise entre 1800 et 2000 HV (erreur de ± 50). Ces caractéristiques lui permettent de fonctionner de manière stable et durable sous haute température et forte charge, ce qui en fait un matériau indispensable pour les industries aérospatiale et énergétique.

Français Les méthodes d'essai comprennent l'essai d'oxydation à haute température (ASTM E1876, température 1000 °C, erreur ± 10 °C), l'essai de performance en fatigue (ASTM E466, précision ± 10 ^{4} fois) et l'essai d'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm³ / N · m). Par exemple, le TiC20Ni5Mo (grain 1 μm , erreur ± 0,01 μm) a une durée de vie de plus de 5000 heures (erreur ± 500 heures) dans les applications d'outils aéronautiques, démontrant son potentiel dans les scénarios de demande de haute performance.

Mécanisme et analyse des composants aérospatiaux et énergétiques en carbure cémenté haute température

La stabilité thermique du TiC et du WC (température de décomposition > 2000 °C, erreur ± 50 °C) combinée à la phase de renforcement Mo_2C / NbC (dureté > HV 1500, erreur ± 50) assure la résistance à l'oxydation du matériau (gain de poids par oxydation 0,3 mg/cm² , erreur ± 0,05 mg/cm²) . Le Ni (teneur 20 %, erreur ± 1 %) assure la résistance à la fracture par déformation plastique (résistance à la fracture 8 MPa·m$^{1/2}$, erreur ± 0,5), empêchant efficacement la fissuration thermique à haute température (largeur de fissure < 0,01 mm, erreur ± 0,001 mm). Français L'analyse SEM montre que la surface de TiC20Ni5Mo reste dense après oxydation à haute température (rugosité de surface Ra<0,05 μm , erreur ±0,01 μm), et la spectroscopie XPS confirme la formation de TiO_2 (Ti 2p est d'environ 459 eV, erreur ±0,1 eV). Les résultats des tests de fatigue montrent que l'alliage a une durée de vie de plus de 10 ^{4} heures (erreur ±10 ^{3} heures), ce qui est

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

nettement meilleur que WC10Co (durée de vie 5×10 ³ heures, erreur ±500 heures).

Analyse des facteurs affectant l'application des composants aérospatiaux et énergétiques en carbure cémenté à haute température

L'effet de l'application est affecté par une combinaison de facteurs :

Teneur en Mo/Nb

Les performances sont optimales lorsque la teneur en Mo/Nb est de 5 % (erreur ± 0,1 %) ; si elle dépasse 10 % (erreur ± 0,1 %), la résistance à la rupture diminue de 15 % (erreur ± 3 %), ce qui peut être dû à une phase de renforcement excessive.

Taille des grains

Une granulométrie de 1 à 2 μm (erreur ± 0,01 μm) prolonge la durée de vie ; si elle dépasse 5 μm (erreur ± 0,01 μm), le gain de poids par oxydation augmente de 15 % (erreur ± 3 %).

Rugosité de surface

Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) augmente la durée de vie de 10 % (erreur ±2 %) ; si la rugosité est >0,1 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'oxydation augmente de 15 % (erreur ±3 %).

Température de fonctionnement

À > 1200 °C (± 10 °C), le gain de poids oxydatif a augmenté de 20 % (± 3 %) et la protection antioxydante a dû être optimisée.

Conditions de chargement

vibrations à haute fréquence (> 10 Hz, tolérance ± 1 Hz), une résistance à la rupture plus élevée est nécessaire pour résister aux dommages dus à la fatigue.

Par exemple, la durée de vie du TiC20Ni10Mo (taille des grains 5 μm , erreur ±0,01 μm) à haute température tombe à 3 000 heures (erreur ±500 heures), indiquant l'influence significative de la taille des grains et de la teneur en Mo sur les performances.

La stratégie d'optimisation des composants aérospatiaux et énergétiques en carbure cémenté haute température

vise une durée de vie supérieure à 5 000 heures (erreur de ± 500 heures) et un gain de masse par oxydation inférieur à 0,5 mg/cm² (erreur de ± 0,05 mg/cm²) . Les stratégies d'optimisation suivantes sont recommandées :

Optimisation des ingrédients

La teneur en Mo/Nb est contrôlée à 2%-5% (erreur ±0,1%), et la teneur en Ni est contrôlée à 15%-20% (erreur ±1%) pour améliorer la résistance à l'oxydation et la résistance à la fracture.

Contrôle des grains

La taille des grains a été maintenue à 1-2 μm (erreur ± 0,01 μm) et la microstructure a été optimisée

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

par l'inhibiteur VC (0,2 %, erreur ± 0,01 %).

Optimisation de surface

Grâce au polissage de précision, la rugosité de surface est contrôlée à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm) et le taux d'oxydation est réduit de 10 % (erreur ±2 %).

Procédé de frittage

Le frittage a été réalisé à une température de frittage de 1500°C (erreur ±10°C) et une pression de 50 MPa (erreur ±1 MPa), assurant une densité de >99,5% (erreur ±0,1%).

Spécifications de test

La norme ASTM E1876 est utilisée pour tester les performances d'oxydation à haute température et la norme ASTM E466 est utilisée pour tester les performances de fatigue afin de garantir que les performances répondent aux normes.

Par exemple, la durée de vie du TiC20Ni5Mo (rugosité de surface Ra < 0,05 μm , erreur ± 0,01 μm) après optimisation a dépassé 5 000 heures (erreur ± 500 heures), vérifiant l'efficacité de la stratégie.

Carbure cémenté haute température Composants aérospatiaux et énergétiques Applications d'ingénierie

Le carbure cémenté haute température fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Outils d'aviation en carbure cémenté haute température

Le TiC20Ni5Mo (dureté HV 1900, erreur ±50) a une durée de vie de plus de 5000 heures (erreur ±500 heures) en découpe à haute température, répondant aux exigences de haute précision de la fabrication aéronautique.

Aubes de turbine à gaz en carbure cémenté haute température

Le WC10Ni5Nb (gain de poids d'oxydation 0,3 mg/cm² , erreur ±0,05 mg/ cm²) a une durée de vie de plus de 10^4 heures (erreur ±10^3 heures) dans un environnement gazeux à haute température , garantissant une production d'énergie efficace.

Composants nucléaires en carbure cémenté à haute température

Le TiC15Ni5Mo (résistance à la rupture 8 MPa·$m^{1/2}$, erreur ±0,5) peut résister à des températures élevées dans les réacteurs nucléaires et a une durée de vie de plus de 10^4 heures (erreur ±10^3 heures), garantissant un fonctionnement sûr.

Ces applications démontrent pleinement les excellentes performances du carbure cémenté à haute température dans les domaines de l'aérospatiale et de l'énergie, fournissant des solutions matérielles fiables pour les environnements thermiques extrêmes.

10.4.5 Carbure cémenté multifonctionnel

Le carbure cémenté multifonctionnel est largement utilisé dans le domaine de l'électronique (durée

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de vie des électrodes > 10 ⁴ heures, erreur ± 10 ³ heures) et des piles à combustible (efficacité catalytique > 90 %, erreur ± 2 %) en raison de son excellente conductivité électrique (résistivité < 12 μΩ·cm , erreur ± 0,1 μΩ·cm), de ses performances catalytiques (courant de réaction d'oxydation du méthanol > 450 mA/cm ² , erreur ± 10 mA/cm ²) et de ses bonnes propriétés mécaniques (dureté HV 1500-1800, erreur ± 30). Le matériau est principalement à base de WC, avec du Co/Ni (teneur 6 %-10 %, erreur ± 1 %) ajouté pour améliorer la conductivité et l'activité catalytique, et la taille des grains est contrôlée avec précision à 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm). Grâce au processus de frittage à 1450°C (erreur ±10°C), ces alliages atteignent une densité élevée et une microstructure uniforme, répondant aux besoins des applications multifonctionnelles.

Cette section part des deux aspects de la conductivité et des performances catalytiques ainsi que de l'application, et combine l'analyse des mécanismes, la discussion des facteurs d'influence et les stratégies d'optimisation pour analyser en profondeur ses caractéristiques techniques et sa valeur d'application technique.

10.4.5.1 Conductivité électrique et propriétés catalytiques

Principes de base et aperçu de la technologieMultifonctionnel

Le carbure cémenté est conçu pour obtenir une excellente conductivité électrique (résistivité <12 μΩ·cm , erreur ±0,1 μΩ·cm) et des performances catalytiques (courant de réaction d'oxydation du méthanol >450 mA/cm² , erreur ±10 mA/cm²) , tout en maintenant une dureté élevée (HV 1500-1800, erreur ±30) et une résistance à la fracture modérée (résistance à la fracture 8-10 MPa·m¹ / ², erreur ±0,5). Le matériau est à base de WC (teneur >80%, erreur ±1%), qui fournit les principales propriétés mécaniques, tandis que Co/Ni (teneur 6%-10%, erreur ±1%) améliore significativement la conductivité électrique et l'activité catalytique. La granulométrie est contrôlée à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) et est préparée par un procédé de frittage à 1450°C (erreur ±10°C), garantissant l'uniformité microstructurale et la stabilité des performances du matériau.

Français Les méthodes d'essai comprennent la mesure de la résistivité (méthode à quatre sondes, précision ± 0,1 μΩ·cm), l'essai de performance électrocatalytique (réaction d'oxydation du méthanol, 0,1 M de méthanol, précision ± 10 mA/cm²) et l'essai de dureté (ASTM E92, charge 10 kg, erreur ± 0,1 kg). Par exemple, le WC8Ni (grain 0,5 μm , erreur ± 0,01 μm) présente une résistivité de 10 μΩ·cm (erreur ± 0,1 μΩ·cm) et un courant de réaction d'oxydation du méthanol de 500 mA/cm² (erreur ± 10 mA/cm²) , vérifiant ses performances multifonctionnelle.

Mécanisme et analyse du carbure cémenté multifonctionnel

La conductivité élevée du Ni/Co (résistivité 7 μΩ·cm , erreur ±0,1 μΩ·cm) réduit efficacement la résistivité du matériau global à 10 μΩ·cm (erreur ±0,1 μΩ·cm). L'activité catalytique du WC (énergie de surface 1 J/m² , erreur ±0,1 J/ m²) et l'effet synergique du Ni favorisent significativement la réaction d'oxydation du méthanol, et le courant atteint 500 mA/cm² (erreur ±10 mA/cm²) . Français La dureté HV 1600 (erreur ±30) est principalement fournie par des grains fins (0,5 μm , erreur ±0,01 μm), et la résistance à la fracture 8 MPa·m ¹ / ² (erreur ±0,5) est due à la capacité de déformation plastique du Ni/Co. L'analyse SEM montre que la distribution des grains du WC8Ni

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

est très uniforme (écart <0,1%, erreur ±0,02%), et que la phase Ni forme un réseau continu (couverture >95%, erreur ±2%), ce qui optimise la conductivité et les performances catalytiques. Les tests EDS ont en outre confirmé l'uniformité de la distribution du Ni (écart <0,1%, erreur ±0,02%). Les tests de performance électrocatalytique montrent que le courant de réaction d'oxydation du méthanol du WC8Ni (500 mA/cm² , erreur ±10 mA/cm²) est significativement meilleur que celui du WC8Co (400 mA/cm² , erreur ±10 mA/cm²) .

L'analyse des facteurs affectant les performances des matériaux en carbure cémenté multifonctionnels
est affectée par une combinaison de facteurs :

Teneur en Ni/Co
La conductivité est optimale lorsque la teneur en Ni/Co est de 8 % (erreur ± 1 %) ; si elle dépasse 12 % (erreur ± 1 %), la dureté diminue d'environ 10 % (erreur ± 2 %), ce qui peut être dû à un ramollissement dû à une phase liante excessive.

Taille des grains
Les performances catalytiques sont meilleures lorsque la taille des grains est de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) ; si elle dépasse 2 μm (erreur ± 0,01 μm), le courant de réaction d'oxydation du méthanol diminue de 15 % (erreur ± 3 %), ce qui est lié à la réduction de l'activité de surface.

Traitement de surface
Lorsque la rugosité de surface Ra est inférieure à 0,05 μm (erreur ± 0,01 μm), l'efficacité catalytique augmente de 10 % (erreur ± 2 %) ; si la rugosité est supérieure à 0,1 μm (erreur ± 0,01 μm), la résistivité augmente de 10 % (erreur ± 2 %).

Conditions électrolytiques
Dans une solution de méthanol 0,1 M, le courant de réaction d'oxydation du méthanol est élevé ; si le pH < 2 (erreur ± 0,1), le courant chute de 20 % (erreur ± 3 %).

Conditions de chargement
l'électrode fonctionne à une densité de courant > 1 A/cm² (erreur ± 0,1 A/cm²) , une conductivité plus élevée est nécessaire pour soutenir les performances.

Par exemple, le courant de WC12Ni (grains de 2 μm , erreur de ± 0,01 μm) dans la réaction d'oxydation du méthanol chute à 400 mA/cm² (erreur de ± 10 mA/cm²) , indiquant l'effet significatif de la taille des grains sur les performances catalytiques.

Pour obtenir une résistivité de <12 μΩ·cm (erreur ±0,1 μΩ·cm) et un courant de réaction d'oxydation du méthanol de >450 mA/cm² (erreur ±10 mA/cm²) , les stratégies **d'optimisation suivantes**
sont recommandées :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation des ingrédients

La teneur en Ni/Co est contrôlée à 6%-10% (erreur ±1%) et la teneur en WC est maintenue à >80% (erreur ±1%) pour équilibrer la conductivité, les propriétés catalytiques et mécaniques.

Contrôle des grains

La taille des grains a été maintenue à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) et la croissance des grains a été empêchée par l'ajout d'un inhibiteur VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Optimisation de surface

La technologie de polissage de précision est utilisée pour contrôler la rugosité de surface à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), améliorant l'efficacité catalytique de 10 % (erreur ±2 %).

Procédé de frittage

à une température de frittage de 1450°C (erreur ±10°C) et une pression de 50 MPa (erreur ±1 MPa) pour assurer une densité de >99,5% (erreur ±0,1%), améliorant la conductivité électrique et la stabilité structurelle.

Spécifications de test

La résistivité a été testée par la méthode des quatre sondes et les performances catalytiques ont été évaluées par le test de réaction d'oxydation du méthanol.

Par exemple, après optimisation, la résistivité du WC8Ni (taille des grains 0,5 μm , erreur ±0,01 μm) a atteint 10 μΩ·cm (erreur ±0,1 μΩ·cm), et le courant de réaction d'oxydation du méthanol a atteint 500 mA/cm² (erreur ±10 mA/cm²) , vérifiant l'efficacité de la stratégie.

Applications techniques du carbure cémenté multifonctionnel

Le carbure cémenté multifonctionnel fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Électrodes multifonctionnelles pour piles à combustible en carbure cémenté

Le WC8Ni (courant de réaction d'oxydation du méthanol 500 mA/cm² , erreur ±10 mA/cm²) a une efficacité catalytique de plus de 90 % (erreur ±2 %) dans les piles à combustible, favorisant une conversion d'énergie efficace.

Contacts électroniques multifonctionnels en carbure

⁴ heures (erreur ±10 ³ heures) dans les équipements électroniques, garantissant un fonctionnement stable à long terme.

Support de catalyseur multifonctionnel en carbure cémenté

Le WC8Ni (dureté HV 1600, tolérance ±30) présente une efficacité de plus de 90% (erreur ±2%) dans les réactions catalytiques et une durée de vie de plus de 10 ⁴ heures (erreur ±10 ³ heures), répondant aux besoins industriels.

Ces applications démontrent pleinement la fiabilité et la praticité du carbure cémenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

multifonctionnel dans les domaines de l'électronique et de la catalyse, fournissant un support matériel multifonctionnel efficace pour les industries connexes.

10.5 Classification par procédé de fabrication

Le processus de fabrication du carbure cémenté affecte directement sa microstructure (taille des grains 0,2-10 μm , erreur ± 0,01 μm), ses performances (dureté HV 800-2500, erreur ± 30, résistance à la rupture 8-25 MPa·m ¹ / ², erreur ± 0,5) et sa plage d'application (durée de vie > 10 heures, erreur ± 1 heure à > 10 ⁶ fois, erreur ± 10 ⁵ fois). La sélection du procédé est basée sur la composition chimique (WC, TiC , Co, Ni, etc.), les caractéristiques de la poudre (taille des particules 0,1-5 μm , erreur ± 0,01 μm) et les performances cibles, qui sont vérifiées par microscopie électronique à balayage (résolution < 0,1 μm , erreur ± 0,01 μm), diffraction des rayons X (précision ± 0,01 μm) et tests de performance (ASTM E92, G65).

Les catégories comprennent le frittage conventionnel (densité > 99 %, erreur ± 0,1 %), le pressage isostatique à chaud (porosité < 0,1 %, erreur ± 0,01 %), le procédé de revêtement (résistance à l'usure améliorée de 30 % à 50 %, erreur ± 5 %) et la fabrication additive (liberté de forme > 95 %, erreur ± 2 %), qui répondent respectivement aux divers besoins de découpe, de résistance à l'usure, de résistance à la corrosion et de haute température.

Cette section analyse les caractéristiques et les applications du processus sous quatre aspects : le carbure cémenté fritté conventionnel, le carbure cémenté par pressage isostatique à chaud (HIP), le carbure cémenté revêtu et le carbure cémenté fabriqué de manière additive.

10.5.1 Carbure cémenté fritté conventionnel

Le carbure cémenté fritté conventionnel est préparé par métallurgie des poudres, qui implique le mélange de poudres (WC, Co, etc., granulométrie 0,5-2 μm , erreur ±0,01 μm), le pressage (pression 100-300 MPa, erreur ±1 MPa) et le frittage (1350-1500 °C, erreur ±10 °C) pour former une structure dense. Il est largement utilisé dans les outils de coupe (durée de vie > 10 heures, erreur ±1 heure), les moules (> 10 ⁶ fois, erreur ±10 ⁵ fois) et les pièces résistantes à l'usure (taux d'usure < 0,06 mm³/N·m, erreur ±0,01 mm³/N·m). Le procédé est mature et le coût de production est faible (< 50 yuans/kg, erreur ±5 yuans/kg).
Cette section analyse ses caractéristiques techniques sous deux aspects : le frittage sous vide et les caractéristiques de performance.

10.5.1.1 Frittage sous vide (1350-1500°C)

Principes de base et aperçu technique
Le frittage sous vide est effectué à 1350-1500°C (erreur ±10°C) et degré de vide <10 ⁻ ² Pa (erreur ±0,01 Pa). La poudre (teneur en WC 80%-95%, erreur ±1%, teneur en Co 5%-15%, erreur ±1%) est utilisée pour former une structure dense (densité >99%, erreur ±0,1%) par frittage en phase liquide

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(point de fusion du Co ~1350°C, erreur ±10°C). Le procédé optimise la pureté du matériau en éliminant les gaz et les impuretés volatiles (teneur en oxygène < 0,05 %, erreur ± 0,01 %), et la granulométrie est contrôlée à 0,5-2 μm (erreur ± 0,01 μm), la dureté atteint HV 1600-2000 (erreur ± 30) et la résistance à la fracture atteint 10-15 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5).

Français L'équipement comprend un four à vide (puissance 100-500 kW, erreur ±10 kW), et les méthodes d'essai couvrent la mesure de la densité (ISO 3369, précision ±0,01 g/cm³) , les essais de dureté (ASTM E92, charge 10 kg, erreur ±0,1 kg) et l'analyse de la microstructure (microscope électronique à balayage, résolution <0,1 μm , erreur ±0,01 μm). Par exemple, YG6 (WC6Co) fritté à 1450°C (erreur ±10°C) a une densité de 14,9 g/cm³ (erreur ±0,01 g/cm³) et une dureté de HV 2000 (erreur ±30).

Analyse du mécanisme

Au cours du processus de frittage en phase liquide, le Co mouille le WC (angle de contact < 10°, erreur ± 1°) sous forme liquide (viscosité 0,01 Pa·s , erreur ± 0,001 Pa·s), favorise le réarrangement des particules (augmentation de la densité > 20 %, erreur ± 2 %) et la diffusion (coefficient de diffusion 10 ⁻ ⁸ cm ² /s, erreur ± 10 ⁻ ⁹ cm ² /s), et forme une interface WCCo (force de liaison > 100 MPa, erreur ± 10 MPa). L'environnement sous vide réduit l'oxydation (teneur en oxygène < 0,01 %, erreur ± 0,001 %), tandis que l'ajout de VC (0,2 %, erreur ± 0,01 %) inhibe la croissance des grains et maintient la taille des grains à 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm). Français La microscopie électronique à balayage montre que les grains d'YG6 sont uniformément répartis (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %) et que la phase Co est répartie en continu (couverture > 95 %, erreur ± 2 %). La diffraction des rayons X a confirmé la présence de phase WC (2θ environ 35,6°, erreur ± 0,1°) et l'absence de phase η (rapport carbone/tungstène < 1,0, erreur ± 0,1). Les tests de performance ont montré que le taux d'usure d'YG6 n'était que de 0,05 mm³ / N · m (erreur ± 0,01 mm³ / N · m), ce qui était meilleur que celui du frittage atmosphérique (0,08 mm³ / N · m, erreur ± 0,01 mm³ / N · m).

Analyse des facteurs d'influence

La performance est affectée par de nombreux facteurs :

Température de frittage

A 1450°C (erreur ±10°C), la densité est >99% (erreur ±0,1%) ; si elle dépasse 1500°C (erreur ±10°C), les grains grossissent et la dureté diminue de 10% (erreur ±2%).

Contenu Co

La meilleure résistance à la fracture est de 6 à 10 % (erreur ± 1 %) ; si elle dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la dureté diminue de 15 % (erreur ± 3 %).

Taille des grains

La résistance à l'usure est forte lorsque le diamètre est de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) ; s'il dépasse 2 μm (erreur ± 0,01 μm), le taux d'usure augmente de 15 % (erreur ± 3 %).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Degré de vide

<10 ⁻ ² Pa (erreur ±0,01 Pa), il y a moins d'impuretés ; si >10 ⁻ ¹ Pa (erreur ±0,01 Pa), la porosité augmente de 10 % (erreur ±2 %).

Temps d'isolation

La structure est uniforme après 1 à 2 heures (erreur ± 0,1 heure) ; si elle dépasse 3 heures (erreur ± 0,1 heure), la taille des grains augmentera de 10 % (erreur ± 2 %).

Par exemple, la taille des grains de YG8 (1450°C, erreur ±10°C, Co 8%, erreur ±1%) augmente jusqu'à 2 μm (erreur ±0,01 μm) et la dureté diminue jusqu'à HV 1900 (erreur ±30).

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une densité > 99 % (erreur ± 0,1 %) et une dureté > HV 1900 (erreur ± 30). Il est recommandé de :

Contrôle de la température : Maintenir à 1450°C (±10°C) pour éviter une granulométrie excessive.

Co-optimisation : La teneur est contrôlée à 6%-10% (erreur ±1%), équilibrant la dureté et la résistance à la fracture.

Contrôle des grains : ajoutez du VC (0,2 %, erreur ± 0,01 %) et la taille des grains est maintenue à 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm).

Degré de vide : <10 $^{-2}$ Pa (erreur ±0,01 Pa), réduisant la porosité.

Spécifications d'essai : ISO 3369 (densité), ASTM E92 (dureté).

Par exemple, YG6 (1450°C, erreur ±10°C, VC 0,2%, erreur ±0,01%) a une densité de 14,9 g/cm³ (erreur ±0,01 g/cm³) et une dureté de HV 2000 (erreur ±30).

Applications d'ingénierie

Le carbure cémenté fritté sous vide fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Outils de coupe

YG6 (dureté HV 2000, erreur ±30) durée de vie>10 heures (erreur ±1 heure).

matrice d'estampage

YG8 (résistance à la fracture 12 MPa·m ¹ / ² , erreur ±0,5) durée de vie > 10 ⁶ fois (erreur ±10 ⁵ fois).

Pièces résistantes à l'usure

YG6 (taux d'usure 0,05 mm³/N·m, erreur ±0,01 mm³/N·m) durée de vie >10⁴ heures (erreur ±10³ heures) . Ces applications démontrent que le frittage sous vide répond aux exigences générales de haute performance .

10.5.1.2 Caractéristiques de performance : densité > 99 %

Le carbure cémenté fritté conventionnel a une densité de > 99 % (erreur ± 0,1 %), une densité théorique de 14,5 à 15,0 g/cm³ (erreur ± 0,01 g/cm³), une porosité de < 0,5 % (erreur ± 0,1 %), une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

dureté de HV 1600 à 2000 (erreur ± 30) et une résistance à la fracture de 10 à 15 **MPa** ·m ¹ / ² (erreur ± 0,5), ce qui convient aux environnements à forte charge (> 100 MPa, erreur ± 10 MPa) et à frottement élevé (coefficient de frottement < 0,5, erreur ± 0,05). La granulométrie est de 0,5 à 2 μm (erreur ± 0,01 μm) et la teneur en Co est de 6 à 15 % (erreur ± 1 %).

Les tests comprennent la mesure de la densité (ISO 3369, précision ± 0,01 g/cm³) , l'analyse de la porosité (ISO 4505, précision ± 0,01 %) et les tests de performance (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³ / N · m). Par exemple, la densité de YG6 (WC6Co) est de 14,9 g/cm³ (erreur ± 0,01 g/cm³) , la porosité de 0,3 % (erreur ± 0,05 %) et la dureté HV 2000 (erreur ± 30).

Français La haute densité est obtenue par frittage en phase liquide (fraction volumique de Co > 10 %, erreur ± 1 %), réarrangement des particules (augmentation de la densité > 20 %, erreur ± 2 %) et remplissage des pores (porosité < 0,5 %, erreur ± 0,1 %) pour optimiser la structure. L' interface WCCo (énergie de liaison ~ 100 kJ/mol, erreur ± 10 kJ/mol) assure une dureté de HV 2000 (erreur ± 30), et le réseau Co (couverture > 95 %, erreur ± 2 %) fournit une résistance à la fracture de 10 MPa·m ¹ / ² (erreur ± 0,5). La microscopie électronique à balayage montre que la taille des pores de YG6 est < 0,1 μm (erreur ± 0,01 μm) et que la distribution est uniforme (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %). La spectroscopie dispersive en énergie confirme la distribution uniforme du Co (écart < 0,1 %, erreur ± 0,02 %).

Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du YG6 n'est que de 0,05 mm³/N·m (erreur ±0,01 mm³/N·m), ce qui est meilleur que la faible densité (<98 %, erreur ±0,1 %, taux d'usure 0,08 mm³/N·m, erreur ±0,01 mm³/N·m).

Analyse des facteurs d'influence

La performance est affectée par de nombreux facteurs :

Densité

Lorsque l'erreur est > 99 % (erreur ± 0,1 %), la résistance à l'usure est excellente ; si elle est < 98 % (erreur ± 0,1 %), le taux d'usure augmente de 20 % (erreur ± 3 %).

Taille des grains

La dureté est élevée lorsque le diamètre est de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) ; s'il est > 2 μm (erreur ± 0,01 μm), la dureté diminue de 10 % (erreur ± 2 %).

Contenu Co

La performance est équilibrée lorsque la valeur est comprise entre 6% et 10% (erreur ±1%) ; si la valeur est >15% (erreur ±1%), la résistance à la rupture augmente mais la dureté diminue de 15% (erreur ±3%).

Température de frittage

La porosité est faible à 1450°C (erreur ±10°C) ; si >1500°C (erreur ±10°C), la porosité augmente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de 10% (erreur ±2%).

Taille des particules de poudre

La densité est élevée lorsque le diamètre est de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm) ; si elle est > 2 μm (erreur ± 0,01 μm), la porosité augmente de 15 % (erreur ± 3 %).

Par exemple, le taux d'usure du YG8 (densité 98 %, erreur ± 0,1 %) augmente à 0,07 mm^3 / N · m (erreur ± 0,01 mm^3 / N · m).

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une densité > 99 % (erreur ± 0,1 %) et une dureté > HV 1900 (erreur ± 30). Il est recommandé de :

Optimisation de la poudre : granulométrie 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm), pureté > 99,9 % (erreur ± 0,01 %).

Co-optimisation : contenu 6%-10% (erreur ±1%), performances équilibrées.

Paramètres de frittage : 1450°C (erreur ±10°C), maintenir au chaud pendant 1 à 2 heures (erreur ±0,1 heure).

Contrôle des grains : ajoutez du VC (0,2 %, erreur ± 0,01 %) et la taille des grains est maintenue à 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm).

Spécifications d'essai : ISO 3369 (densité), ASTM G65 (abrasion).

le taux d'usure du YG6 (densité 14,9 g/ cm^3, erreur ±0,01 g/ cm^3) est de 0,05 mm^3 /N · m (erreur ±0,01 mm^3 /N · m).

Applications d'ingénierie

Le carbure cémenté haute densité fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Outil de coupe : YG6 (densité 14,9 g/ cm^3 , erreur ±0,01 g/cm^3) , durée de vie > 10 heures (erreur ± 1 heure).

Moule : YG8 (dureté HV 1900, erreur ±30) durée de vie>10^6 fois (erreur ±10^5 fois).

Joints : YG6 (taux d'usure 0,05 mm^3/N·m, erreur ±0,01 mm^3/N·m) durée de vie >10^4 heures (erreur ±10^3 heures) . Ces applications démontrent que la haute densité répond aux exigences de haute performance.

1 0.5.2 Pressage isostatique à chaud (HIP) de carbure cémenté

Le pressage isostatique à chaud (HIP) du carbure cémenté élimine efficacement la porosité (porosité < 0,1 %, erreur ± 0,01 %) et améliore significativement la résistance (> 2 000 MPa, erreur ± 50 MPa) et la fiabilité (durée de vie en fatigue > 10^6 fois, erreur ± 10^5 fois) grâce à un traitement à haute température (1 300-1 500 °C, erreur ± 10 °C) et à haute pression (100-200 MPa, erreur ± 1 MPa) . Ce procédé est particulièrement adapté aux outils haute fiabilité tels que les outils aéronautiques (durée de vie > 5 000 heures, erreur ± 500 heures) et aux pièces résistantes à l'usure (taux d'usure < 0,04 mm^3/N·m, erreur ± 0,01 mm^3/N·m). Cependant, en raison de la complexité du processus, son coût de production est relativement élevé (> 100 yuans/kg, erreur ± 10 yuans/kg).

Cette section analyse ses caractéristiques techniques et sa valeur d'ingénierie sous les deux aspects des avantages du processus et des applications.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.5.2.1 Avantages du procédé : Porosité < 0,1 %

Principes de base et aperçu technique

Le procédé de pressage isostatique à chaud (HIP) traite le corps pré-fritté (densité > 95 %, erreur ± 0,1 %) dans un environnement d'argon (pression 100-200 MPa, erreur ± 1 MPa, température 1300-1500 °C, erreur ± 10 °C), et utilise de la poudre (teneur en WC 85 %-95 %, erreur ± 1 %, teneur en Co 5 %-10 %, erreur ± 1 %) pour préparer une structure dense avec une porosité inférieure à 0,1 % (erreur ± 0,01 %). La dureté du matériau atteint HV 1800-2200 (erreur ±30), la résistance à la rupture est de 12-15 MPa·m $^{1/2}$ (erreur ±0,5) et la granulométrie est contrôlée à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm).

Français L'équipement est un four HIP (volume 0,1-1 m³, erreur ±0,01 m³) , et les méthodes d'essai comprennent la mesure de la porosité (ISO 4505, précision ±0,01%), l'essai de résistance (ISO 3327, précision ±10 MPa) et l'analyse de la microstructure (microscope électronique à balayage, résolution <0,1 μm , erreur ±0,01 μm). Par exemple, la porosité de YG6HIP (WC6Co) n'est que de 0,05 % (erreur ±0,01 %) et la dureté est HV 2100 (erreur ±30).

Mécanisme et analyse

Une pression élevée (100 MPa, erreur ±1 MPa) favorise la fermeture des pores (taille des pores <0,05 μm , erreur ±0,01 μm), et une température élevée (1400°C, erreur ±10°C) favorise la diffusion atomique (le coefficient de diffusion est d'environ 10^{-7} cm² /s, erreur ±10^{-8} cm² /s), permettant d'obtenir une structure proche de la densité théorique (>99,9%, erreur ±0,01%). L' interface WCCo (force de liaison >150 MPa, erreur ±10 MPa) améliore significativement la résistance du matériau (>2000 MPa, erreur ±50 MPa). Français La microscopie électronique à balayage montre que le nombre de pores YG6HIP est clairsemé (densité <10^{4} cm^{-2} , erreur ±10^{3} cm^{-2}) , et les grains sont uniformes (0,5 μm , erreur ±0,01 μm , écart <0,1 %, erreur ±0,02 %). La spectroscopie de dispersion d'énergie a confirmé que le Co était uniformément réparti (écart <0,1 %, erreur ±0,02 %). Les résultats des tests de fatigue ont montré que la durée de vie en fatigue du YG6HIP dépassait 10^{6} fois (erreur ±10^{5} fois), ce qui était significativement meilleur que le frittage conventionnel (5×10^{5} fois, erreur ±5×10^{4} fois).

Analyse des facteurs d'influence

La performance est affectée par de nombreux facteurs :

pression

La porosité est < 0,1 % (erreur ± 0,01 %) à 100-150 MPa (erreur ± 1 MPa) ; si elle est inférieure à 50 MPa (erreur ± 1 MPa), la porosité augmente de 20 % (erreur ± 3 %).

température

La densité est maximale à 1400°C (erreur ±10°C) ; si elle dépasse 1500°C (erreur ±10°C), les grains grossissent et la dureté diminue de 10% (erreur ±2%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Contenu Co

La résistance à la rupture est optimale lorsqu'elle est de 6 à 10 % (erreur ± 1 %) ; si elle dépasse 15 % (erreur ± 1 %), la résistance diminue de 15 % (erreur ± 3 %).

Corps pré-fritté

L'effet HIP est bon lorsque la densité est > 95 % (erreur ± 0,1 %) ; si elle est inférieure à 90 % (erreur ± 0,1 %), la porosité augmente de 10 % (erreur ± 2 %).

Temps d'isolation

La structure est uniforme après 1 à 2 heures (erreur ± 0,1 heure) ; si elle dépasse 3 heures (erreur ± 0,1 heure), la taille des grains augmentera de 10 % (erreur ± 2 %).

Par exemple, la porosité du YG8HIP (pression 50 MPa, erreur ± 1 MPa) a augmenté à 0,2 % (erreur ± 0,01 %).

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre une porosité inférieure à 0,1 % (erreur ± 0,01 %) et une dureté supérieure à HV 2000 (erreur ± 30). Il est recommandé de :

Optimisation de la pression : maintenue à 100-150 MPa (erreur ±1 MPa), éliminant efficacement la porosité.

Contrôle de la température : 1400°C (erreur ±10°C) pour éviter une granulométrie excessive.

Co-optimisation : teneur 6%-10% (erreur ±1%), équilibrant la résistance et la résistance à la rupture.

Optimisation du pré-frittage : densité du corps pré-fritté > 95 % (erreur ± 0,1 %), granulométrie 0,5-1 μm (erreur ± 0,01 μm).

Spécifications d'essai : ISO 4505 (porosité), ISO 3327 (résistance).

Par exemple, YG6HIP (1400°C, erreur ±10°C, 150 MPa, erreur ±1 MPa) a une porosité de 0,05% (erreur ±0,01%) et une dureté de HV 2100 (erreur ±30).

pour les applications d'ingénierie,

il fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Outil d'aviation en carbure : YG6HIP (dureté HV 2100, erreur ±30) durée de vie > 5000 heures (erreur ± 500 heures).

Moule de précision en carbure : YG8HIP (résistance à la rupture 15 MPa·m $^{1/2}$, erreur ±0,5) durée de vie > 10^{6} fois (erreur ±10^{5} fois).

Pièces en carbure résistantes à l'usure : YG6HIP (taux d'usure : 0,04 mm³/N·m, erreur : ± 0,01 mm³/N·m), durée de vie : > 10 heures (erreur : ± 10 heures) . Ces applications démontrent que le procédé HIP répond à des exigences de fiabilité élevées.

10.5.2.2 Application : Outils en carbure de haute fiabilité

Principes de base et aperçu de la technologie HIP

Le carbure cémenté convient aux outils de haute fiabilité, notamment les outils aéronautiques (durée

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de vie > 5 000 heures, erreur ± 500 heures), les dispositifs médicaux (précision < 0,01 mm, erreur ± 0,001 mm) et les moules de précision (> 10^6 fois, erreur ± 10^5 fois) en raison de sa faible porosité (< 0,1 %, erreur ± 0,01 %) et de sa résistance élevée (> 2 000 MPa, erreur ± 50 MPa) . La granulométrie est de 0,5 à 1 μm (erreur ± 0,01 μm), la teneur en Co est de 6 à 10 % (erreur ± 1 %) et la plage de dureté est HV 1 800 à 2 200 (erreur ± 30).

Français Les méthodes d'essai comprennent les essais de performance en fatigue (ASTM E466, précision ±10^4 fois), les essais d'usure (ASTM G65, précision ±0,01 $mm^3/N·m$) et la mesure de la porosité (ISO 4505, précision ±0,01 %). Par exemple, la durée de vie du YG6HIP (grain 0,5 μm , erreur ±0,01 μm) dans les outils aéronautiques dépasse 5 000 heures (erreur ±500 heures), et le taux d'usure n'est que de 0,04 $mm^3/N·m$ (erreur ±0,01 $mm^3/N·m$).

Analyse du mécanisme :

Une faible porosité (< 0,1 %, erreur ± 0,01 %) réduit la concentration de contrainte (facteur de concentration de contrainte < 1,1, erreur ± 0,05), améliorant ainsi la durée de vie en fatigue (> 10^6 fois, erreur ± 10^5 fois). L' interface WCCo (énergie de liaison d'environ 150 kJ/mol, erreur ± 10 kJ/mol) assure une dureté HV 2100 (erreur ± 30), et le Co (teneur 6 %, erreur ± 1 %) offre une résistance à la rupture de 15 $MPa·m^{1/2}$ (erreur ± 0,5). Français La microscopie électronique à balayage montre que YG6HIP a une faible densité de pores (<10^4 cm^{-2} , erreur ±10^3 cm^{-2}) et une surface lisse (rugosité Ra<0,05 μm , erreur ±0,01 μm). La spectroscopie dispersive en énergie confirme que le Co est uniformément distribué (déviation <0,1 %, erreur ±0,02 %). Les résultats des tests de fatigue montrent que YG6HIP est supérieur au frittage conventionnel (durée de vie 5×10^5 fois, erreur ±5×10^4 fois).

L'analyse des facteurs d'influence

est influencée par de nombreux facteurs :

Porosité

Lorsque elle est < 0,1 % (erreur ± 0,01 %), la durée de vie est longue ; si elle est > 0,5 % (erreur ± 0,01 %), la durée de vie en fatigue diminue de 20 % (erreur ± 3 %).

Taille des grains

0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm) ; si elle est >2 μm (erreur ±0,01 μm), la résistance diminue de 10 % (erreur ±2 %).

Contenu Co

La résistance à la rupture est bonne lorsqu'elle est de 6% à 10% (erreur ±1%) ; si elle est > 15% (erreur ±1%), la dureté diminue de 15% (erreur ±3%).

Rugosité de surface

Lorsque Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'usure diminue de 10 % (erreur ±2 %) ; s'il est >0,1 μm (erreur ±0,01 μm), le taux d'usure augmente de 15 % (erreur ±3 %).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Conditions de chargement

Une faible porosité est nécessaire pour résister à la fatigue lors de vibrations à haute fréquence (> 10 Hz, tolérance ± 1 Hz).

Par exemple, la durée de vie du YG8HIP (porosité 0,2 %, erreur ± 0,01 %) est réduite à 3 000 heures (erreur ± 500 heures).

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre une durée de vie supérieure à 5 000 heures (erreur ± 500 heures) et une porosité inférieure à 0,1 % (erreur ± 0,01 %). Les recommandations suivantes sont recommandées :

Paramètres HIP : température 1400°C (erreur ±10°C), pression 150 MPa (erreur ±1 MPa).

Contrôle du grain : maintenu à 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm), ajout de VC (0,2 %, erreur ±0,01 %).

Co-optimisation : contenu 6%-10% (erreur ±1%), performances équilibrées.

Optimisation de surface : Grâce au polissage, la rugosité est contrôlée à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), et le taux d'usure est réduit de 10 % (erreur ±2 %).

Spécifications d'essai : ASTM E466 (fatigue), ISO 4505 (porosité).

Par exemple, la durée de vie du YG6HIP (rugosité Ra<0,05 μm , erreur ±0,01 μm) dépasse 5 000 heures (erreur ±500 heures).

Application d'ingénierie

Le carbure cémenté HIP fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Outils de coupe en carbure pour l'aviation

YG6HIP (dureté HV 2100, erreur ±30) durée de vie> 5000 heures (erreur ± 500 heures).

Forets médicaux en carbure

YG8HIP (précision < 0,01 mm, erreur ± 0,001 mm) durée de vie > 10^4 fois (erreur ± 10^3 fois).

Moule de précision en carbure

YG6HIP (taux d'usure 0,04 $mm^3/N·m$, erreur ±0,01 $mm^3/N·m$) durée de vie > 10^6 fois (erreur ±10^5 fois). Ces applications démontrent pleinement les excellentes performances du carbure cémenté HIP dans les applications exigeant une fiabilité élevée.

10.5.3 Carbure revêtu

Le carbure cémenté revêtu améliore significativement la résistance à l'usure (augmentation de 30 à 50 %, erreur ± 5 %), la résistance à la corrosion (taux de corrosion réduit de 50 %, erreur ± 5 %) et la durée de vie (> 20 heures, erreur ± 2 heures) par dépôt d'un revêtement (épaisseur 1 à 10 μm , erreur ± 0,1 μm) sur un substrat (WCCo , dureté HV 1600-2000, erreur ± 30). Ce matériau est adapté à la coupe à grande vitesse (> 1500 m/min, erreur ± 10 m/min) et aux environnements difficiles (pH 2 à 12, erreur ± 0,1).

Cette section analyse les caractéristiques techniques et la valeur d'application des revêtements HVOF, PVD et CVD et l'amélioration des performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.5.3.1 Revêtements HVOF, PVD et CVD

Principes de base et aperçu technique du carbure cémenté revêtu

Le carbure cémenté revêtu utilise la technologie de pulvérisation d'oxygène combustible à grande vitesse (HVOF), de dépôt physique en phase vapeur (PVD) ou de dépôt chimique en phase vapeur (CVD) pour déposer un revêtement TiN , TiAlN ou Al_2O_3 sur le substrat (teneur en WC 85 %-95 %, erreur ±1 %, teneur en Co 5 %-10 %, erreur ±1 %), et l'épaisseur du revêtement est de 2 à 5 μm (erreur ±0,1 μm). La vitesse de pulvérisation HVOF dépasse 500 m/s (erreur ±10 m/s), la température de dépôt PVD est inférieure à 500 °C (erreur ±10 °C) et la température de dépôt CVD est supérieure à 800 °C (erreur ±10 °C). La dureté du revêtement atteint HV 2000-3000 (erreur ±50) et le coefficient de frottement est inférieur à 0,3 (erreur ±0,05).

Fours PVD (vide < 10^{-3} Pa, erreur ± 0,001 Pa) et fours CVD (pression de gaz 1-10 kPa, erreur ± 0,1 kPa). Les méthodes d'essai couvrent la mesure de l'épaisseur du revêtement (ISO 18452, précision ± 0,01 μm), les tests d'adhérence (ISO 26443, précision ± 1 MPa) et l'évaluation de la résistance à l'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^3 / N · m). Par exemple, la dureté du revêtement TiAlN (PVD, épaisseur 3 μm , erreur ± 0,1 μm) est de HV 2800 (erreur ± 50), et le taux d'usure est de seulement 0,03 mm^3 / N · m (erreur ± 0,01 mm^3 / N · m).

carbure cémenté revêtu HVOF

forme un revêtement dense (porosité < 1 %, erreur ± 0,1 %) par dépôt de particules à grande vitesse (> 500 m/s, erreur ± 10 m/s), et l'adhérence dépasse 70 MPa (erreur ± 5 MPa). Le PVD utilise le bombardement ionique (énergie 100 eV, erreur ± 10 eV) pour générer des revêtements à grains fins (grains < 0,1 μm , erreur ± 0,01 μm), et la dureté atteint HV 2800 (erreur ± 50). Le CVD forme un revêtement uniforme (écart d'épaisseur < 0,1 μm , erreur ± 0,01 μm) par des réactions chimiques (taux de réaction 10^{-6} mol/s, erreur ± 10^{-7} mol/s), et présente une résistance à haute température (> 1000 °C, erreur ± 10 °C). La microscopie électronique à balayage a montré que le revêtement TiAlN (PVD) était dense (pores < 0,01 %, erreur ± 0,001 %), et la spectroscopie photoélectronique à rayons X a confirmé la distribution de Ti et d'Al (Ti 2p était d'environ 459 eV, erreur ± 0,1 eV).

Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du revêtement TiAlN (PVD) n'est que de 0,03 mm^3/N·m (erreur ±0,01 mm^3/N·m), ce qui est nettement meilleur que celui du substrat non revêtu (0,06 mm^3/N·m, erreur ±0,01 mm^3/N·m).

L'analyse des facteurs affectant

les performances du carbure cémenté revêtu est affectée par de nombreux facteurs :

Type de revêtement

TiAlN (PVD) a une résistance à l'usure 50 % supérieure (erreur ± 5 %) ; Al_2O_3 (CVD) a une meilleure résistance aux hautes températures.

épaisseur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les performances sont équilibrées lorsque le diamètre est de 2 à 5 μm (erreur ±0,1 μm) ; s'il dépasse 10 μm (erreur ±0,1 μm), le taux de pelage augmente de 20 % (erreur ±3 %).

Dureté de la matrice

Lorsque HV>1800 (erreur ±30), l'adhérence est forte ; si <1600 (erreur ±30), le taux de pelage augmente de 15 % (erreur ±3 %).

Température de dépôt

Lorsque le PVD est < 500 °C (erreur ± 10 °C), les performances du substrat restent inchangées ; lorsque le CVD est > 800 °C (erreur ± 10 °C), la résistance à la fracture du substrat diminue de 10 % (erreur ± 2 %).

Rugosité de surface

Lorsque Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), la résistance à l'usure est améliorée de 10 % (erreur ±2 %). Par exemple, le taux de pelage du TiN (CVD, épaisseur 10 μm , erreur ±0,1 μm) est passé à 20 % (erreur ±3 %).

Stratégie d'optimisation pour le carbure cémenté revêtu

Pour obtenir une amélioration de la résistance à l'usure > 30 % (erreur ± 5 %) et de l'adhérence > 70 MPa (erreur ± 5 MPa), il est recommandé de :

Options de revêtement : TiAlN (PVD, adapté à la découpe à grande vitesse), Al_2O_3 (CVD, adapté aux environnements à haute température).

Contrôle de l'épaisseur : Maintenir à 2-5 μm (erreur ±0,1 μm) pour éviter le pelage.

Optimisation de la matrice : dureté HV>1800 (erreur ±30), granulométrie 0,5-1 μm (erreur ±0,01 μm).

Prétraitement de surface : Polissage à Ra<0,05 μm (erreur ±0,01 μm), adhérence augmentée de 10 % (erreur ±2 %).

Spécifications d'essai : ISO 26443 (adhérence), ASTM G99 (abrasion).

Par exemple, le taux d'usure du TiAlN (PVD, épaisseur 3 μm , erreur ±0,1 μm) est de 0,03 mm^3 / N · m (erreur ±0,01 mm^3 / N · m).

Applications techniques du carbure cémenté revêtu

Le carbure cémenté revêtu fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Outil haute vitesse : TiAlN (PVD, dureté HV 2800, erreur ±50) durée de vie > 20 heures (erreur ± 2 heures).

Moule : Al_2O_3 (CVD, résistance à haute température >1000°C, erreur ±10°C) durée de vie >10^6 fois (erreur ±10^5 fois).

Pièces résistantes à l'usure : HVOF WC-Co (taux d'usure 0,03 mm^3/N·m, erreur ±0,01 mm^3/N·m) durée de vie > 10^4 heures (erreur ± 10^3 heures) . Ces applications démontrent pleinement le rôle important de la technologie des revêtements dans l'amélioration des performances.

10.5.3.2 Amélioration des performances du carbure revêtu : résistance à l'usure augmentée de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

30 à 50 %

Principes de base et aperçu technique du carbure cémenté revêtu

La résistance à l'usure du carbure cémenté revêtu est améliorée de 30 à 50 % (erreur ± 5 %), le taux d'usure est réduit à < 0,04 mm ³ /N · m (erreur ± 0,01 mm ³ /N · m), la durée de vie est augmentée de > 50 % (erreur ± 5 %, > 20 heures, erreur ± 2 heures), la plage de dureté est HV 2000-3000 (erreur ± 50) et le coefficient de frottement est < 0,3 (erreur ± 0,05). Les matériaux de revêtement comprennent TiN , TiAlN , Al_2O_3 , l'épaisseur est de 2 à 5 µm (erreur ± 0,1 µm) et la taille des grains de la matrice est de 0,5 à 1 µm (erreur ± 0,01 µm).

Les méthodes d'essai comprennent les essais d'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^3 / N · m), les essais d'adhérence (ISO 26443, précision ± 1 MPa) et l'évaluation des performances à haute température (ISO 1832, précision ± 10 °C). Par exemple, le taux d'usure du TiAlN (PVD, épaisseur 3 µm , erreur ± 0,1 µm) est de 0,03 mm^3 / N · m (erreur ± 0,01 mm^3 / N · m), et la durée de vie est augmentée de 50 % (erreur ± 5 %).

Mécanisme et analyse

La dureté élevée du revêtement (HV 2800, erreur ±50) réduit efficacement le taux d'usure (<0,04 mm^3/N·m, erreur ±0,01 mm^3/N·m), et le faible coefficient de frottement (<0,3, erreur ±0,05) réduit la chaleur dans le processus de coupe (réduction de température de 20 %, erreur ±3 %). Le revêtement TiAlN génère de l'Al_2O_3 à haute température (>800°C, erreur ±10°C), ce qui améliore la résistance à l'oxydation (gain de poids d'oxydation <0,5 mg/cm^2 , erreur ±0,05 mg/cm^2) . Français La microscopie électronique à balayage montre que le revêtement TiAlN s'use uniformément (profondeur < 0,01 mm, erreur ± 0,001 mm), et la spectroscopie de photoélectrons à rayons X confirme la présence d'Al_2O_3 (Al 2p est d'environ 74 eV, erreur ± 0,1 eV). Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du TiAlN (PVD) est de 0,03 mm^3/N·m (erreur ± 0,01 mm^3/N·m), ce qui est meilleur que celui du substrat non revêtu (0,06 mm^3/N·m, erreur ± 0,01 mm^3/N·m).

Analyse des facteurs d'influence

La performance est affectée par de nombreux facteurs :

Type de revêtement

La résistance à l'usure du TiAlN est améliorée de 50 % (erreur ± 5 %) ; celle du TiN est améliorée de 30 % (erreur ± 5 %).

épaisseur

La résistance à l'usure est optimale lorsque le diamètre est de 2 à 5 µm (erreur ± 0,1 µm) ; s'il est > 10 µm (erreur ± 0,1 µm), le taux de pelage augmente de 20 % (erreur ± 3 %).

Dureté de la matrice

Lorsque HV>1800 (erreur ±30), la durée de vie est longue ; si <1600 (erreur ±30), le taux de défaillance du revêtement augmente de 15 % (erreur ±3 %).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Conditions de travail

TiAlN est meilleur lorsque la vitesse de coupe est > 1500 m/min (erreur ± 10 m/min) ; < 500 m/min (erreur ± 10 m/min)

TiN est applicable.

Conditions environnementales

$_2$ O $_3$ fonctionne mieux à des températures élevées (> 800 °C, ± 10 °C).

Par exemple, le taux d'usure du TiN (PVD, épaisseur 10 µm , tolérance ±0,1 µm) augmente jusqu'à 0,05 mm³/N·m (tolérance ±0,01 mm³/N·m).

La stratégie d'optimisation

vise à améliorer la résistance à l'usure de plus de 30 % (erreur ± 5 %) et la durée de vie de plus de 50 % (erreur ± 5 %). Il est recommandé de :

Optimisation du revêtement : TiAlN (PVD, adapté à la découpe à grande vitesse), Al_2O_3 (CVD, adapté à l'environnement à haute température).

Contrôle de l'épaisseur : Maintenir à 2-5 µm (erreur ±0,1 µm) pour éviter le pelage.

Optimisation de la matrice : dureté HV>1800 (erreur ±30), granulométrie 0,5-1 µm (erreur ±0,01 µm).

Traitement de surface : Poli à Ra<0,05 µm (erreur ±0,01 µm), résistance à l'usure augmentée de 10 % (erreur ±2 %).

Spécifications d'essai : ASTM G99 (abrasion), ISO 1832 (performance à haute température).

Par exemple, la durée de vie du TiAlN (PVD, épaisseur 3 µm , erreur ±0,1 µm) est augmentée de 50 % (erreur ±5 %).

Les applications d'ingénierie

en carbure cémenté revêtu fonctionnent bien dans les scénarios suivants :

Outils aéronautiques : TiAlN (PVD, taux d'usure 0,03 mm³ / N · m, erreur ±0,01 mm³ / N · m), durée de vie > 20 heures (erreur ± 2 heures).

Matrice d'emboutissage : Al_2O_3 (CVD, dureté HV 2500, erreur ±50) durée de vie > 10 ^{6} fois (erreur ±10 ^{5} fois).

Buse : HVOF WC-Co (coefficient de frottement < 0,3, erreur ± 0,05), durée de vie > 10 ^{4} heures (erreur ± 10 ^{3} heures). Ces applications mettent en évidence l'impact significatif des technologies de revêtement sur l'amélioration de la résistance à l'usure et la prolongation de la durée de vie.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Types de carbure revêtu

Classification conformément à	revêtement taper	Matériaux représentatifs	Performances clés	Applications typiques
Revêtement sous presse Matériau de la couche matériel	Nitruration chose	Étain	Dureté : HV 20002300±50, Coefficient de frottement : 0,40,6±0,05, Résistance à la température : <600°C±10°C	Outils de coupe (tels que des forets)
		CrN	Dureté : HV 15002000±50, Coefficient de frottement : 0,30,5±0,05, Augmentation de la résistance à la corrosion : 20%30%±5%	Moules, pièces pétrochimiques
		AlTiN	Dureté : HV 30003500±50, Coefficient de frottement : 0,30,4±0,05, Résistance à la température : <900°C±10°C	Fraise à grande vitesse
		ZGar	Dureté : HV 20002500±50, Coefficient de frottement : 0,40,5±0,05	Moule décoratif
	carbure	Tic	Dureté : HV 28003200±50, Coefficient de frottement : 0,30,5±0,05, Ténacité : K_{1c} < 8 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5	matrice d'estampage
		WC/C	Dureté : HV 10001500±50, Coefficient de frottement : 0,10,2±0,01	Pièces coulissantes (telles que les roulements)
	Oxyde	Al_2O_3	Dureté : HV 18002200±50, Coefficient de frottement : 0,40,6±0,05, Résistance à la température : <1000°C±10°C	outil de tournage
	Borure	TiB_2	Dureté : HV 30003500±50, Coefficient de frottement : 0,40,5±0,05, Ténacité : K_{1c} < 6 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5	Outils d'usinage en céramique
	Carbone de type diamant	DLC	Dureté : HV 20008000±100, Coefficient de frottement : 0,050,2±0,01, Perte de poids par corrosion : <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²	Bague d'étanchéité, moule
	complexe /Multicouche	TiN / AlTiN	Dureté : HV 25003500±50, épaisseur de couche : 0,52 μm±0,1 μm /couche, résistance à la température : <900°C±10°C	Outils de coupe complexes
		CrN / DLC	Dureté : HV 20004000±100, Coefficient de frottement : 0,050,2±0,01, Augmentation de la résistance à la corrosion : 20%30%±5%	Pièces et moules pétrochimiques
Selon le processus de préparation	PVD	TiN , CrN , AlTiN , DLC	Dureté : HV 15003500±50, Adhérence : >50 MPa±5 MPa, Surface : Ra<0,05 μm±0,01 μm	Outils de précision, joints
	maladies cardiovasculaires	TiC , TiN , Al_2O_3	Dureté : HV 20003000±50, Épaisseur : 510 μm±0,5 μm , Résistance à la température : <1000°C±10°C	Outils et moules robustes
	Plasma Pulvérisation	WC/ Co , Cr_3C_2 / NiCr	Dureté : HV 8001200±50, Épaisseur : 50500 μm±10 μm , Surface : Ra>0,5 μm±0,1 μm	Vannes, pièces résistantes à l'usure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Classification conformément à	revêtement taper	Matériaux représentatifs	Performances clés	Applications typiques
	Implantation ionique	N^+ , Cr^+	Augmentation de la dureté : 10 % 20 % ± 5 %, Diminution du coefficient de frottement : 10 % ± 2 %, Dosage : 10^{17} 10^{18} cm^{-2} ± 10^{16} cm^{-2}	Paliers lisses, joints
Par scénario d'application	Outils de coupe	Étain , AlTiN , TiC , Étain / AlTiN	Dureté : HV 20003500±50, Taux d'usure : <0,05 /N · m ± 0,01 mm^3 /N · m, Durée de vie : >5000 ±500 m	Fraise, foret
	Moule	CrN , DLC, WC/C, CrN /DLC	Coefficient de frottement : < 0,2 ± 0,01, Perte de poids par corrosion : < 0,1 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Force de démoulage : < 10 N ± 1 N	Moules d'emboutissage, moules d'injection
	Pièces résistantes à l'usure et à la corrosion	CrN , Al_2O_3 , DLC, Cr_3C_2 / NiCr	Augmentation de la résistance à la corrosion : 20 % 30 % ± 5 %, Résistance à la pression : > 100 MPa ± 10 MPa, Durée de vie : > 10^4 heures ± 10^3 heures	Vannes et pièces de pompes pétrochimiques
	Pièces autolubrifiantes	Composite DLC, WC/C, MoS_2	Coefficient de frottement : 0,050,2±0,01, Adhérence : <1 N±0,1 N, Chaleur de frottement : <100°C±1°C	Paliers lisses, joints

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Procédé de production de revêtement en carbure cémenté

Type de processus	étape	Description détaillée	Paramètres clés	Équipement et technologie	Avantages et inconvénients
	Matrice Préparer	Nettoyer le substrat en carbure (WCCo) pour éliminer l'huile et les oxydes et obtenir une surface lisse. Méthode : nettoyage par ultrasons (alcool/eau déionisée), nettoyage alcalin, nettoyage acide. Polissage à Ra < 0,05 ± 0,01 µm .	Temps de nettoyage : 1030 min±1 min, rugosité de surface : Ra<0,05 µm±0,01 µm , contrainte résiduelle : <50 MPa±5 MPa	Machine de nettoyage à ultrasons (fréquence 40 kHz ± 1 kHz), machine de polissage (abrasif diamanté <1 µm ± 0,1 µm)	Avantages : Nettoyage en profondeur et qualité de surface élevée. Inconvénients : Le nettoyage en plusieurs étapes augmente le temps nécessaire.
	Serrage et Préchauffer	Fixez le substrat sur la chambre à vide et faites-le pivoter pour assurer un dépôt uniforme. Préchauffez-le pour éliminer l'humidité de surface et améliorer l'adhérence du revêtement.	Température de préchauffage : 150300°C±10°C, Degré de vide : <10 $^{-3}$ Pa ± 10 $^{-4}$ Pa, Vitesse de rotation : 510 tr/min±1 tr/min	Chambre à vide PVD (volume >1 m³ ± 0,1 m³) , montage (résistance à la température >500°C±10°C)	Avantages : Le préchauffage uniforme améliore la force de liaison (> 50 MPa ± 5 MPa). Inconvénients : Fixation complexe.
Dépôt physique en phase vapeur (PVD) (courant dominant : pulvérisation cathodique magnétron, arc cathodique)	3. Nettoyage ionique	Le substrat est bombardé avec un plasma Ar^+ ou N^+ pour éliminer les traces de couches d'oxyde et activer la surface.	Tension de polarisation : 100 à 300 V ± 10 V, Courant ionique : 10 ^{16} 10 ^{17} cm $^{-2}$ ± 10 ^{15} cm $^{-2}$, Durée : 515 min ± 1 min	Source d'ions (RF/DC, puissance 15 kW ± 0,1 kW), pompe à vide (débit > 1000 L/s ± 100 L/s)	Avantages : L'activation de surface améliore l'adhérence de 10%20%±5%. Inconvénients : Un bombardement excessif peut endommager le substrat (augmentation de la contrainte de 5%±1%).
	4. Excitation et dépôt de la cible	Pulvérisation magnétron : des particules à haute énergie (Ar^+) bombardent la cible (comme Ti, Cr) et les atomes pulvérisés se déposent sur le substrat. Arc cathodique : l'arc évapore la cible (comme AlTi) pour former un dépôt plasma. Un gaz de réaction (comme N_2 , CH_4) est introduit pour générer TiN , CrN , DLC, etc.	Pureté cible : > 99,9 % ± 0,01 %, Taux de dépôt : 0,11 µm /min ± 0,01 µm /min, Tension de polarisation : 50 à 200 V ± 10 V, Pression de gaz : 0,11 Pa ± 0,01 Pa	Cible de pulvérisation magnétron (puissance 520 kW ± 0,1 kW), source d'arc cathodique (courant 50200 A ± 1 A), débitmètre de gaz (précision ± 1 sccm)	Avantages : dépôt uniforme et contrôle précis de l'épaisseur (écart < 0,1 ± 0,01 µm). Inconvénients : faible taux de pulvérisation magnétron et arc cathodique sujet aux gouttelettes (< 1 µm ± 0,1).
	5. Contrôle du gaz réactif	Contrôlez avec précision le flux de N_2 , C_2, H_2 , O_2 et d'autres gaz pour former un revêtement en nitrure (TiN , CrN), en carbure (TiC) ou en DLC.	Pureté du gaz : >99,99 %±0,01 %, débit : 10100 sccm±1 sccm , temps de réaction : 30120 min±1 min	Régulateur de débit massique (MFC, précision ±0,1 sccm), manomètre de chambre à vide (précision ±0,01 Pa)	Avantages : La composition du revêtement est réglable (par exemple, dureté CrN HV 15002000±50).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Type de processus	étape	Description détaillée	Paramètres clés	Équipement et technologie	Avantages et inconvénients
					Inconvénients : L'écart du rapport de gaz (> 5 % ± 1 %) affecte les performances.
	6. Refroidissement et post-traitement	Après dépôt, laisser refroidir lentement à température ambiante pour éviter les contraintes thermiques. Vérifier l'épaisseur et l'uniformité du revêtement, puis polir pour optimiser la surface (Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm).	Vitesse de refroidissement : < 5 °C/min ± 1 °C/min, épaisseur du revêtement : 15 μm ± 0,5 μm , écart d'uniformité : < 5 % ± 1 %	Système de refroidissement de chambre à vide (refroidissement par eau, débit > 10 L/min ± 1 L/min), machine à polir (précision Ra ± 0,01 μm)	Avantages : Réduction du taux de fissuration (<0,1%±0,02%). Inconvénients : Temps de refroidissement long (12 h±0,1 h).
	7. Tests de performance	Essai de dureté (Vickers), adhérence (méthode de rayure), coefficient de frottement (test de la broche sur le disque), résistance à la corrosion (brouillard salin).	Dureté : HV 15003500±50, Adhérence : >50 MPa±5 MPa, Coefficient de frottement : 0,050,6±0,05, Perte de poids par corrosion : <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²	Duromètre Vickers (charge 10 kg ± 0,1 kg), testeur de rayures (charge 0100 N ± 1 N), testeur de frottement (ASTM G99)	Avantages : Assurer la cohérence des performances (écart < 5 % ± 1 %) Inconvénients : Détection chronophage (> 1 h ± 0,1 h/lot).
Dépôt chimique en phase vapeur (CVD) (courant dominant : CVD thermique, CVD assisté par plasma)	1. Préparation de la matrice	Nettoyer le substrat en carbure cémenté et polir pour éliminer les défauts de surface afin de garantir Ra<0,1 μm±0,01 μm . Méthode : nettoyage par ultrasons, gravure chimique.	Temps de nettoyage : 1530 min±1 min, rugosité de surface : Ra<0,1 μm±0,01 μm , propreté : résidus<0,01%±0,001%	Machine de nettoyage à ultrasons (fréquence 40 kHz ± 1 kHz), cuve de gravure (pH acide < 2 ± 0,1)	Avantages : Peu de défauts de surface (<0,1%±0,02%). Inconvénients : La gravure chimique nécessite une protection de l'environnement.
	2. Serrage et préchauffage	Le substrat est placé dans un réacteur CVD, fixé sur un plateau en graphite et préchauffé à la température de réaction pour favoriser la décomposition du gaz.	Température de préchauffage : 800-1000°C±10°C, Degré de vide : <10 Pa±1 Pa, Rotation du plateau : 15 tr/min±0,5 tr/min	Réacteur CVD (résistance à la température > 1200 °C ± 10 °C), plateau en graphite (pureté > 99,9 % ± 0,01 %)	Avantages : La température élevée active la matrice (la force de liaison augmente de 10 % ± 2 %). Inconvénients : La température élevée peut réduire la ténacité de la matrice (K_{1C} diminue de 5 % ± 2 %).
	3. Introduction du gaz de réaction	Des gaz précurseurs (tels que $TiCl_4$, CH_4 , N_2 , H_2) sont introduits, ainsi que TiC_4 , TiN , Al_2O_3 et d'autres revêtements sont générés sur la surface du substrat par décomposition thermique ou décomposition assistée par plasma.	Débit de gaz : 50500 sccm±5 sccm , pression de gaz : 101000 Pa±10 Pa, température : 8001000°C±10°C	Système de distribution de gaz (précision ±1 sccm), générateur de plasma (puissance 110 kW ±0,1 kW, PECVD)	Avantages : Revêtement épais (510 μm ± 0,5 μm), résistance aux hautes températures (< 1000 °C ± 10 °C). Inconvénients : $TiCl_4$ est hautement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Type de processus	étape	Description détaillée	Paramètres clés	Équipement et technologie	Avantages et inconvénients
					toxique et nécessite une manipulation sûre.
	4. Dépôt de revêtement	Contrôlez le temps de réaction, la température et la pression du gaz pour assurer un dépôt uniforme du revêtement. Le CVD thermique repose sur la décomposition thermique, tandis que le PECVD utilise le plasma pour réduire la température (600-800 °C ± 10 °C).	Taux de dépôt : 0,52 µm/h ±0,1 µm /h, épaisseur : 510 µm±0,5 µm , écart d'uniformité : <5%±1%	Four CVD thermique (précision de chauffage ±5°C), électrode PECVD (polarisation 100 à 500 V ±10 V)	Avantages : revêtement dense (porosité < 0,1%±0,02%) Inconvénients : température CVD thermique élevée et équipement PECVD complexe.
	5. Refroidissement et post-traitement	Refroidir lentement au four à < 200 °C ± 10 °C pour éviter la fissuration du revêtement. La surface peut être optimisée par sablage ou polissage (Ra < 0,1 µm ± 0,01 µm).	de refroidissement : 24 h±0,1 h, contrainte résiduelle : <100 MPa±10 MPa, rugosité de surface : Ra<0,1 µm±0,01 µm	Système de refroidissement (protection à l'azote, débit > 20 L/min ± 1 L/min), machine de sablage (pression 0,10,5 MPa ± 0,01 MPa)	Avantages : Réduit les fissures dues aux contraintes thermiques (<0,1%±0,02%) Inconvénients : Cycle de refroidissement long et coût accru.
	6. Tests de performance	Testez la dureté, l'adhérence, le coefficient de frottement, la résistance à la corrosion et vérifiez la qualité du revêtement.	Dureté : HV 20003000±50, Adhérence :>60 MPa±5 MPa, Coefficient de frottement : 0,40,6±0,05, Perte de poids par corrosion : <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²	Duromètre Vickers (charge 10 kg ± 0,1 kg), testeur de rayures (ASTM C1624), chambre d'essai au brouillard salin (ISO 9227)	Avantages : Performances fiables (cohérence > 95 % ± 2 %) Inconvénients : Les tests multiparamètres nécessitent un équipement spécialisé.

10.5.4 Fabrication additive de carbure cémenté

Fabrication additive (impression 3D) de carbure cémenté par SLM (Selective Laser Melting) ou Binder Jetting pour réaliser des formes complexes (degrés de liberté > 95 % ± 2 %), adaptées aux outils sur mesure (précision < 0,1 mm ± 0,01 mm) et aux pièces complexes (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures). Les défis incluent le contrôle du grain (> 2 µm ± 0,01 µm) et la densité (< 99 % ± 0,1 %).

Cette section débute par l'impression 3D (SLM, Binder Jetting) et ses défis, et analyse ses caractéristiques.

10.5.4.1 Impression 3D (SLM, jet de liant)

Aperçu des principes de base et des technologies de fabrication additive du carbure cémenté

Français Le SLM utilise un laser (puissance 200500 W±10 W) pour faire fondre la poudre (WC 85%95%±1%, Co 5%10%±1%, granulométrie 1050 µm±0,01 µm), épaisseur de couche 20100

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

μm±1 μm , densité>98%±0,1%. Le Binder Jetting solidifie la poudre à travers un liant (volume d'injection 0,11 g/s±0,01 g/s), puis le frittage (1450°C±10°C), densité>97%±0,1%. Dureté HV 15001800±30, granulométrie 15 μm±0,01 μm .

L'équipement comprend une imprimante SLM (résolution < 0,1 mm ± 0,01 mm) et un système de projection de liant (précision de la buse ± 0,01 mm). Les tests portent sur la densité (ISO 3369, précision ± 0,01 g/cm³), la granulométrie (ASTM E112, précision ± 0,01 μm) et les performances (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³/ N·m). Par exemple, le SLMWC6Co présente une densité de 98,5 % ± 0,1 % et une dureté de HV 1700 ± 30.

Mécanisme et analyse de la fabrication additive du carbure cémenté

Français La vitesse de refroidissement élevée du SLM (>10 ⁶ K/s±10 ⁵ K/s) forme des grains fins (12 μm±0,01 μm), mais la contrainte thermique (>500 MPa±50 MPa) provoque facilement des fissures (<0,1 mm±0,01 mm). Le retrait de frittage du Binder Jetting (10%20%±1%) affecte la précision (écart <0,1 mm±0,01 mm), et les grains ont tendance à grossir (>2 μm±0,01 μm). Le MEB montre que les grains de SLMWC6Co sont uniformes (écart <0,1%±0,02%), mais il y a des micropores (<0,1 μm±0,01 μm). L'EDS confirme la distribution du Co (écart <0,1%±0,02%). Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du SLMWC6Co est de 0,06 mm³ /N·m±0,01 mm³/ N·m , ce qui est légèrement supérieur à celui du frittage conventionnel (0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse des facteurs affectant le carbure cémenté dans la fabrication additive

Les performances sont affectées par :

Taille des particules de poudre : 1030 μm±0,01 μm , densité élevée ; >50 μm±0,01 μm , porosité augmentée de 10 %±2 %.

Puissance laser : 300400 W±10 W, fusion suffisante ; <200 W±10 W, la densité diminue de 5%±1%.

Épaisseur de couche : 5080 μm±1 μm , haute précision ; >100 μm±1 μm , porosité augmentée de 15%±3%.

Température de frittage : 1450°C±10°C (Binder Jetting), granulométrie modérée ; >1500°C±10°C, croissance granulométrique de 20%±3%.

Post-traitement : le HIP réduit la porosité de 10%±2%.

Par exemple, la densité du Binder Jetting WC6Co (épaisseur de couche 100 μm ± 1 μm) est tombée à 97 % ± 0,1 %.

Stratégie d'optimisation pour la fabrication additive de carbure cémenté

Pour obtenir une densité >98%±0,1% et une dureté >HV 1700±30, il est recommandé de :

Optimisation de la poudre : granulométrie 1030 μm ± 0,01 μm , sphéricité > 95% ± 2%.

Paramètres SLM : puissance laser 300400 W ± 10 W, épaisseur de couche 5080 μm ± 1 μm .

Optimisation du Binder Jetting : frittage à 1450°C±10°C, ajout de VC (0,2%±0,01%).

Post-traitement : HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa), réduction de porosité 10%±2%.

Spécifications d'essai : ISO 3369 (densité), ASTM E112 (grain).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Par exemple, la densité du SLMWC6Co (après HIP) est de 99 % ± 0,1 % et la dureté est HV 1800 ± 30.

Applications d'ingénierie du carbure cémenté pour la fabrication additive

La fabrication additive de carbure cémenté fonctionne bien dans les scénarios suivants :

Fabrication additive d'outils en carbure sur mesure

SLMWC6Co (précision < 0,1 mm ± 0,01 mm) durée de vie > 10 heures ± 1 heure.

Fabrication additive de moules complexes en carbure

Jet de liant WC8Co (dureté HV 1700±30) Durée de vie > 10^5 fois ± 10^4 fois.

Fabrication additive de pièces aérospatiales en carbure

SLMWC6Co (taux d'usure 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures. Ces applications démontrent que la fabrication additive peut répondre aux besoins de formes complexes.

10.5.4.2 Défis : Contrôle des grains et optimisation de la densité

Principes de base et aperçu technique

La fabrication additive de carbure cémenté est confrontée à des défis en matière de contrôle des grains (cible 0,51 µm ± 0,01 µm , réel 15 µm ± 0,01 µm) et d'optimisation de la densité (cible > 99 % ± 0,1 %, réel 97 % 99 % ± 0,1 %), qui affectent la dureté (HV 15001800 ± 30) et la résistance à l'usure (taux d'usure 0,060,08 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m). La contrainte thermique SLM (> 500 MPa ± 50 MPa) et le retrait par jet de liant (10 % 20 % ± 1 %) sont les principaux problèmes.

Les tests portent sur la granulométrie (ASTM E112, précision ± 0,01 µm), la masse volumique (ISO 3369, précision ± 0,01 g/cm³) et les performances (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³/ N·m). Par exemple, le SLMWC6Co présente une granulométrie de 2 µm± 0,01 µm , une masse volumique de 98,5 %± 0,1 % et une dureté de HV 1700±30.

Mécanisme et analyse

Français Le gradient de température élevé du SLM (> 10^6 K/m ± 10^5 K/m) conduit à une croissance des grains (> 2 µm ± 0,01 µm) et les micropores (< 0,1 µm ± 0,01 µm) réduisent la densité (< 99 % ± 0,1 %). Le retrait de frittage par jet de liant (10 % 20 % ± 1 %) provoque des pores (0,10,5 µm ± 0,01 µm) et les grains ont tendance à dépasser la norme (> 3 µm ± 0,01 µm). Le MEB montre que les grains de SLMWC6Co sont irréguliers (écart < 0,2 % ± 0,02 %), et que le jet de liant a plus de pores (densité < 10^5 cm^{-2} ± 10^4 cm^{-2}). L'EDS confirme la distribution du Co (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du SLMWC6Co est de 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m , ce qui est supérieur à celui du HIP (0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m).

Analyse des facteurs d'influence

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les performances sont affectées par :
Taille des grains : > 2 μm ± 0,01 μm , la dureté diminue de 10 % ± 2 % ; < 1 μm ± 0,01 μm , la résistance à l'usure augmente de 15 % ± 3 %.
Densité : < 99 % ± 0,1 %, taux d'usure augmenté de 20 % ± 3 % ; > 99 % ± 0,1 %, excellentes performances.
Taille des particules de poudre : 1030 μm±0,01 μm , densité élevée ; >50 μm±0,01 μm , porosité augmentée de 10 %±2 %.
Paramètres du procédé : puissance SLM < 200 W±10 W, réduction de densité 5 %±1 % ; frittage par jet de liant > 1 500 °C± 10 °C, croissance des grains 20 %± 3 %.
Post-traitement : Pas de HIP, porosité augmentée de 15%±3%.

Par exemple, la dureté du Binder Jetting WC6Co (grain 5 μm ± 0,01 μm) tombe à HV 1600 ± 30.

Stratégie d'optimisation
Pour obtenir une granulométrie <1 μm±0,01 μm et une densité >99%±0,1%, il est recommandé de :
Optimisation de la poudre : granulométrie 1030 μm ± 0,01 μm , VC ajouté (0,2% ± 0,01%).
Optimisation SLM : puissance 300400 W ± 10 W, vitesse de refroidissement > 10^{6} K/s ± 10^{5} K/s.
Optimisation du Binder Jetting : frittage à 1450°C±10°C, maintien à 12h±0,1h.
Post-traitement : HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa), densité augmentée de 2%±0,5%.
Spécifications d'essai : ASTM E112 (grain), ISO 3369 (densité).

Par exemple, le SLMWC6Co (après HIP, granulométrie 1 μm±0,01 μm) a une densité de 99%±0,1% et une dureté de HV 1800±30.

Demande d'ingénierie
La fabrication additive de carbure cémenté fonctionne bien dans les scénarios suivants :
Outils complexes : SLMWC6Co (grain 1 μm ± 0,01 μm), durée de vie > 10 heures ± 1 heure.
Pièces personnalisées : Binder Jetting WC8Co (densité 98,5% ± 0,1%) durée de vie > 10^{4} heures ± 10^{3} heures.
Moule d'aviation : SLMWC6Co (taux d'usure 0,06 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) précision < 0,1 mm±0,01 mm.
Ces applications montrent que la fabrication additive dépasse les limites de forme, mais le grain et la densité doivent être optimisés.

1 0.6 Classification par forme

La classification de forme du carbure cémenté couvre la morphologie des particules de poudre et la géométrie du produit fini, ce qui affecte directement le processus de fabrication (pressage, frittage, fabrication additive), les performances (dureté HV 8002500±30, ténacité K_{1c} 825 $MPa·m^{1/2}$±0,5, résistance à l'usure 0,020,1 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) et l'application (durée de vie de coupe > 10 heures ± 1 heure, pièces résistantes à l'usure > 10^{4} heures ± 10^{3} heures). Français La morphologie des particules (sphéricité 80%95%±2%) détermine la fluidité (13,020 secondes/50g±0,1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

secondes/50g) et la densité (4,55,1 g/cm³±0,01 g/cm³), et la forme du produit fini (feuille, tige, géométrie complexe) affecte la distribution des contraintes (facteur de concentration de contraintes <1,5±0,1) et la correspondance fonctionnelle. Vérifié par SEM (résolution <0,1 μm±0,01 μm), numérisation 3D (précision <5 μm±0,1 μm) et tests de performance (ASTM B213, G65), il répond aux besoins de découpe, de résistance à l'usure et d'usinage de précision.

Cette section analyse systématiquement les caractéristiques de forme et les applications sous quatre aspects : classification par morphologie des particules de poudre, classification par géométrie du produit fini, influence de la forme sur les performances et le processus, et méthodes de test et de caractérisation.

10.6.1 Classification par morphologie des particules de poudre

La morphologie des particules de poudre est divisée en sphériques (sphéricité > 95 % ± 2 %), quasi-sphériques (80 % ± 95 % ± 2 %), irrégulières et en flocons/aiguilles, ce qui affecte la coulabilité (13,020 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g), la masse volumique apparente (4,55,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³) et l'uniformité du pressage (écart < 5 % ± 1 %). La morphologie est déterminée par le procédé de préparation (sphéroïdisation plasma, séchage par atomisation, broyage à billes) et est utilisée dans la projection thermique, les outils de coupe et les matériaux composites.
Cette section analyse les caractéristiques des particules sphériques, des particules presque sphériques, des particules irrégulières et des particules en forme de flocons/d'aiguilles.

10.6.1.1 Particules sphériques (sphéricité > 95 %)

10.6.1.1.1 Méthode de préparation : sphéroïdisation au plasma (puissance 3050 kW)

Principe de base et aperçu technique
Les particules sphériques sont préparées par sphéroïdisation au plasma. La poudre (WC, Co, granulométrie 1050 μm±0,01 μm) est fondue et solidifiée dans le plasma (température > 10 000 °C±100 °C, puissance 3050 kW±1 kW), et la sphéricité est > 95 %±2 %. Le procédé contrôle le débit de gaz (Ar /H_2 , débit 50100 L/min±1 L/min) et la vitesse de refroidissement (> 10^4 K/s±10^3 K/s) pour assurer une surface lisse (Ra<0,1 μm±0,01 μm).

L'équipement est un four de sphéroïdisation plasma (durée de vie des électrodes > 100 heures ± 10 heures), et les tests comprennent la sphéricité (ISO 13322, précision ± 1 %) et la granulométrie (granulomètre laser, précision ± 0,01 μm). Par exemple, la sphéricité de la poudre sphérique de WC6Co (granulométrie 20 μm ± 0,01 μm) est de 98 % ± 1 %, et le défaut de surface est < 0,01 % ± 0,001 %.

Mécanisme et analyse
Le plasma à haute température (degré d'ionisation > 90 % ± 2 %) fait fondre la poudre (point de fusion ~ 2800 °C ± 50 °C), la tension superficielle (1 N/m ± 0,1 N/m) entraîne la sphéroïdisation

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

des particules et un refroidissement rapide (> 10 ⁴ K/s ± 10³ K/s) fixe la morphologie. Le MEB montre que la surface des particules est lisse (Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm) et ne présente ni bords ni coins (écart < 0,01 % ± 0,001 %). La DRX confirme la phase WC (2θ 35,6 ° ± 0,1 °) et l'absence d'oxyde (O < 0,05 % ± 0,01 %). Le test de sphéricité montre que 98 % ± 1 % est meilleur que le séchage par atomisation (90 % ± 2 %).

Analyse des facteurs d'influence

Puissance : 40 kW ± 1 kW, sphéricité > 95% ± 2% ; < 30 kW ± 1 kW, la sphéricité diminue de 10% ± 2%.

Taille des particules : 1030 μm±0,01 μm , taux de sphéroïdisation élevé ; >50 μm±0,01 μm , la sphéricité diminue de 5 %±1 %.

Débit d'air : 80 L/min±1 L/min, refroidissement uniforme ; < 50 L/min±1 L/min, le taux de défaut augmente de 10 %±2 %.

Pureté de la poudre : > 99,9 % ± 0,01 %, moins d'oxydation ; < 99,5 % ± 0,01 %, teneur en O augmentée de 20 % ± 3 %.

Taux de refroidissement : >10 ⁴ K/s±10³ K/s, surface lisse ; <10³ K/s±10² K/s, augmentation Ra de 15 %±3 %.

Par exemple, la sphéricité du WC6Co (puissance 30 kW ± 1 kW) tombe à 90 % ± 2 %.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une sphéricité supérieure à 95 % ± 2 %. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation de puissance : 4050 kW ± 1 kW, fusion complète.

Contrôle de la taille des particules : 1030 μm±0,01 μm , améliore le taux de sphéroïdisation.

Réglage du débit d'air : 80100 L/min±1 L/min, refroidissement uniforme.

Pureté de la poudre : > 99,9 % ± 0,01 %, réduisant les défauts.

Spécification d'essai : ISO 13322 (sphéricité), analyse granulométrique au laser.

Par exemple, le WC6Co (40 kW ± 1 kW, 20 μm ± 0,01 μm) a une sphéricité de 98 % ± 1 %.

10.6.1.1.2 Impact sur les performances : fluidité 13,014,0 secondes/50 g, masse volumique apparente 4,85,1 g/cm³

Principe de base et aperçu technique

Les particules sphériques ont une fluidité de 13,014,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g (ASTM B213), une masse volumique apparente de 4,85,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ et une sphéricité élevée (> 95 % ± 2 %) pour réduire la friction entre les particules (coefficient de friction < 0,3 ± 0,05). Convient à la projection thermique (densité du revêtement > 99 % ± 0,1 %) et à l'impression 3D (uniformité de l'étalement de la poudre < 0,1 mm ± 0,01 mm).

Les tests incluent la coulabilité (ASTM B213, précision ± 0,1 s/50 g), la masse volumique apparente (ASTM B212, précision ± 0,01 g/cm³) et la morphologie apparente (MEB, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm). Par exemple, la coulabilité de la poudre sphérique de WC6Co est de 13,5 s/50 g ± 0,1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

s/50 g, et la masse volumique apparente est de 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

Mécanisme et analyse

Les particules sphériques ont moins de points de contact (< 5 points/particule ± 1 point), une faible résistance au roulement (< 0,1 N ± 0,01 N) et une fluidité de 13,5 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g. Un empilement régulier (facteur d'empilement ~ 0,64 ± 0,01) augmente la masse volumique apparente (5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³). Le MEB montre que les espaces entre les particules sont uniformes (< 0,1 μm ± 0,01 μm) et qu'il n'y a pas de pontage (écart < 0,01 % ± 0,001 %). Le test de fluidité montre que 13,5 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g est meilleur que celui des particules presque sphériques (15,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g).

Analyse des facteurs d'influence

Sphéricité : > 95 % ± 2 %, excellente fluidité ; < 90 % ± 2 %, fluidité diminuée de 10 % ± 2 %.
Taille des particules : 1030 μm±0,01 μm , densité élevée ; >50 μm±0,01 μm , porosité augmentée de 10 %±2 %.
Rugosité de surface : Ra<0,1 μm±0,01 μm , la fluidité augmente de 5%±1% ; >0,2 μm±0,01 μm , la fluidité diminue de 10%±2%.
Distribution des particules : pic unique (D50~20 μm±0,01 μm), emballage uniforme ; large distribution, chute de densité de 5 %±1 %.
Humidité : < 0,1 % ± 0,01 %, la fluidité est stable ; > 0,5 % ± 0,01 %, la fluidité diminue de 15 % ± 3 %.
Par exemple, la fluidité du WC6Co (sphéricité 90 % ± 2 %) tombe à 15,0 s/50 g ± 0,1 s/50 g.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une fluidité de 13,014,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g et une masse volumique apparente de 4,85,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³. Recommandé :
Contrôle de sphéricité : >95%±2%, paramètres plasma optimisés.
Taille de particule optimisée : 1030 μm ± 0,01 μm , distribution unimodale.
Traitement de surface : Ra<0,1 μm±0,01 μm , réduit le frottement.
Contrôle environnemental : humidité < 0,1% ± 0,01 %, éviter l'agglomération.
Spécifications de test : ASTM B213 (fluidité), ASTM B212 (densité).
Par exemple, le WC6Co (sphéricité 98 % ± 1 %) a une fluidité de 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g et une densité de 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

10.6.1.1.3 Application : Projection thermique (HVOF, porosité du revêtement < 1 %) et impression 3D

Français Principes de base et aperçu technique

Les particules sphériques conviennent à la projection thermique HVOF (porosité du revêtement < 1 % ± 0,1 %) et à l'impression 3D (SLM, densité > 98 % ± 0,1 %) en raison de leur excellente fluidité (13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g) et de leur masse volumique apparente (5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³). Vitesse de pulvérisation HVOF > 500 m/s ± 10 m/s, épaisseur de couche d'impression 3D 50100

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

μm ± 1 μm , répondant aux exigences de résistance à l'usure (taux d'usure < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m) et de haute précision (< 0,1 mm ± 0,01 mm).

Les tests incluent la porosité du revêtement (ISO 4505, précision ± 0,01 %), la densité (ISO 3369, précision ± 0,01 g/cm³) et l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³/ N·m). Par exemple, la porosité du revêtement WC6CoHVOF est de 0,8 % ± 0,1 %, et la densité des pièces SLM est de 98,5 % ± 0,1 %.

Mécanisme et analyse :

Le flux uniforme de particules sphériques (écart < 0,1 % ± 0,01 %) garantit que le revêtement HVOF est dense (porosité 0,8 % ± 0,1 %), et la densité de tassement élevée (5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³) améliore la stabilité du bain de fusion SLM (profondeur du bain de fusion ~ 100 μm ± 10 μm). Le MEB montre que le revêtement HVOF a de petits pores (< 0,1 μm ± 0,01 μm) et que les grains des pièces SLM sont uniformes (12 μm ± 0,01 μm). Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du revêtement HVOF est de 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m , et celui des pièces SLM est de 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

Analyse des facteurs d'influence

Sphéricité : >95%±2%, le revêtement est dense ; <90%±2%, la porosité augmente de 20%±3%.
Taille des particules : 1030 μm±0,01 μm , pulvérisation uniforme ; >50 μm±0,01 μm , porosité augmentée de 10 %±2 %.
Vitesse de pulvérisation : > 500 m/s ± 10 m/s, le revêtement est dense ; < 300 m/s ± 10 m/s, la porosité augmente de 15 % ± 3 %.
Puissance d'impression : 300400 W±10 W, haute densité ; <200 W±10 W, la densité diminue de 5%±1%.
Post-traitement : le HIP réduit la porosité de 10%±2%.
Par exemple, la porosité du revêtement HVOF WC6Co (sphéricité 90 % ± 2 %) augmente à 1,5 % ± 0,1 %.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une porosité du revêtement inférieure à 1 % ± 0,1 % et une densité d'impression 3D supérieure à 98 % ± 0,1 %. Les recommandations suivantes sont recommandées :
Optimisation des particules : sphéricité > 95 % ± 2 %, taille des particules 1030 μm ± 0,01 μm .
Paramètres HVOF : vitesse >500 m/s±10 m/s, puissance 50100 kW±5 kW.
Paramètres SLM : puissance 300400 W±10 W, épaisseur de couche 5080 μm±1 μm .
Post-traitement : HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa).
Spécifications d'essai : ISO 4505 (porosité), ASTM G65 (abrasion).

Demande d'ingénierie

Revêtement résistant à l'usure

HVOFWC6Co (porosité 0,8%±0,1%) durée de vie>10⁴heures ± 10³heures.

Pièces personnalisées

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

SLMWC6Co (densité 98,5 % ± 0,1 %) précision < 0,1 mm ± 0,01 mm.

Buse d'aviation

HVOFWC6Co (taux d'usure 0,03 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures.

Ces applications démontrent que les particules sphériques améliorent la qualité du revêtement et de l'impression.

10.6.1.2 Particules presque sphériques de carbure cémenté (sphéricité 80%-95%)

10.6.1.2.1 Méthode de préparation de particules quasi sphériques de carbure cémenté : séchage par atomisation et frittage

Particules de carbure cémenté Principes de base et aperçu technique

Des particules presque sphériques sont préparées par séchage par atomisation (boue WC, Co, teneur en solides 50%70%±1%) et frittage (10001200°C±10°C), avec une sphéricité de 80%95%±2%. Le séchage par atomisation contrôle la buse (ouverture 0,52 mm±0,01 mm) et le débit d'air (100200 L/min±1 L/min), le frittage élimine le liant (PVA<5%±0,1%), et forme des particules (1050 µm±0,01 µm).

L'équipement comprend une tour de séchage par atomisation (hauteur 510 m±0,1 m) et un four de frittage (puissance 50100 kW±5 kW).

Les tests comprennent la sphéricité (ISO 13322, précision ± 1 %) et la granulométrie (granulomètre laser, précision ± 0,01 µm). Par exemple, la sphéricité de la poudre quasi sphérique de WC8Co est de 90 % ± 2 % et la granulométrie est de 30 µm ± 0,01 µm .

Mécanisme et analyse des particules quasi-sphériques

de carbure cémenté Le séchage par atomisation forme des gouttelettes (diamètre 50200 µm±1 µm), la tension superficielle (0,07 N/m±0,01 N/m) entraîne une quasi- sphérisation , une morphologie de solidification par frittage (retrait <5%±1%). Le MEB montre que la surface des particules est légèrement rugueuse (Ra0,2 µm±0,01 µm) et que la sphéricité est de 90%±2%. La DRX confirme la phase WC (2θ~35,6°±0,1°) et l'absence de phase d'impureté (C/W<1,0±0,1).

Le test de sphéricité a montré que 90 % ± 2 % était inférieur à celui de la sphéroïdisation du plasma (98 % ± 1 %).

Analyse des facteurs affectant la forme presque sphérique des particules de carbure cémenté

Concentration de la boue : 60 % ± 1 %, sphéricité élevée ; < 50 % ± 1 %, la sphéricité diminue de 10 % ± 2 %.

Débit d'air : 150 L/min±1 L/min, gouttelettes uniformes ; <100 L/min±1 L/min, la sphéricité diminue de 5%±1%.

Température de frittage : 1100°C±10°C, morphologie stable ; >1200°C±10°C, adhérence des particules 10%±2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ouverture de la buse : 1 mm ± 0,01 mm, granulométrie modérée ; > 2 mm ± 0,01 mm, l'écart de granulométrie augmente de 15 % ± 3 %.
Liant : < 5 % ± 0,1 %, peu de résidus ; > 10 % ± 0,1 %, porosité augmentée de 10 % ± 2 %.

Par exemple, la sphéricité du WC8Co (boue 50 % ± 1 %) est réduite à 85 % ± 2 %.

La stratégie d'optimisation
des particules quasi sphériques en carbure cémenté vise une sphéricité de 80 % 95 % ± 2 %. Les recommandations suivantes sont recommandées :
Optimisation de la boue : teneur en solides 60 % 70 % ± 1 %, viscosité 0,1 0,5 Pa·s ± 0,01 Pa·s .
Contrôle du débit d'air : 150200 L/min±1 L/min, gouttelettes uniformes.
Optimisation du frittage : 1100°C±10°C, temps de maintien 12h±0,1h.
Buse : ouverture 1 mm ± 0,01 mm, pour contrôler la taille des particules.
Spécification d'essai : ISO 13322 (sphéricité), analyse granulométrique au laser.

Par exemple, le WC8Co (boue 60 % ± 1 %) a une sphéricité de 90 % ± 2 %.

10.6.1.2.2 Impact des particules de carbure quasi sphériques sur les propriétés
Fluidité 14,516,0 secondes/50 g, uniformité de pressage améliorée de 10 %

Particules de carbure cémenté Principes de base et aperçu technique
Les particules presque sphériques ont une fluidité de 14,516,0 secondes/50g±0,1 secondes/50g, et l'uniformité du pressage est améliorée de 10 %±2 % (écart de densité < 0,1 g/cm³±0,01 g/cm³), ce qui convient à la métallurgie des poudres (densité > 99 %±0,1 %). La sphéricité 80 %95 %±2 % équilibre la fluidité et le coût, et la masse volumique apparente est de 4,54,8 g/cm³±0,01 g/cm³.

Les tests comprennent la coulabilité (ASTM B213, précision ± 0,1 s/50 g), la masse volumique après pressage (ISO 3927, précision ± 0,01 g/cm³) et la morphologie des particules (MEB, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm). Par exemple, la coulabilité d'une poudre quasi sphérique de WC8Co est de 15,0 s/50 g ± 0,1 s/50 g, et la masse volumique après pressage est de 7,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

Mécanisme et analyse des particules quasi-sphériques
de carbure cémenté Les particules quasi-sphériques ont des points de contact modérés (510 points/particule ± 1 point), un coefficient de frottement de 0,3 à 0,5 ± 0,05 et une fluidité de 15,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g. La masse volumique apparente de 4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ est due à la morphologie régulière (facteur d'empilement ~ 0,60 ± 0,01). Le MEB montre que les espaces entre les particules sont légèrement plus grands (0,1 à 0,2 μm ± 0,01 μm) et que la densité est uniforme après pressage (écart < 0,1 % ± 0,01 %).

Le test de fluidité montre que 15,0 sec/50 g ± 0,1 sec/50 g est meilleur que les particules irrégulières (> 16 sec/50 g ± 0,1 sec/50 g).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Analyse des facteurs affectant la forme presque sphérique des particules de carbure cémenté
Sphéricité : 90%±2%, excellente fluidité ; <80%±2%, la fluidité diminue de 10%±2%.
Taille des particules : 2040 μm±0,01 μm , pressage uniforme ; >50 μm±0,01 μm , l'écart de densité augmente de 10 %±2 %.
Rugosité de surface : Ra~0,2 μm±0,01 μm , fluidité modérée ; >0,5 μm±0,01 μm , la fluidité diminue de 15 %±3 %.
Distribution des particules : D50~30 μm±0,01 μm , bon empilement ; large distribution, réduction de densité 5%±1%.
Pression de pressage : 200 MPa±1 MPa, haute uniformité ; <100 MPa±1 MPa, l'écart augmente de 10 %±2 %.

Par exemple, la fluidité du WC8Co (sphéricité 80 % ± 2 %) tombe à 16,0 sec/50 g ± 0,1 sec/50 g.

La stratégie d'optimisation
des particules quasi sphériques en carbure cémenté vise à obtenir une fluidité de 14,516,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g et une augmentation de l'uniformité de 10 % ± 2 %. Recommandations :
Optimisation de la sphéricité : 80% 95% ± 2%, ajuster les paramètres de pulvérisation.
Contrôle de la taille des particules : 2040 μm±0,01 μm , distribution unimodale.
Optimisation de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , frottement réduit.
Optimisation du pressage : pression 200300 MPa±1 MPa, densité uniforme.
Spécifications d'essai : ASTM B213 (fluidité), ISO 3927 (densité pressée).

Par exemple, le WC8Co (sphéricité 90 % ± 2 %) a une fluidité de 15,0 s/50 g ± 0,1 s/50 g et une augmentation d'uniformité de 10 % ± 2 %.

10.6.1.2.3 Applications des particules quasi sphériques en carbure cémenté : outils en carbure cémenté et pièces résistantes à l'usure

Les particules presque sphériques conviennent aux outils en carbure cémenté (durée de vie > 10 heures ± 1 heure) et aux pièces résistantes à l'usure (taux d'usure < 0,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/ N·m$) en raison de leur fluidité (15,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g) et de leur uniformité de compactage (augmentation de 10 % ± 2 %). Le procédé de métallurgie des poudres (frittage 1450 °C ± 10 °C) forme une structure dense (> 99 % ± 0,1 %).

Les tests comprennent la durée de vie de l'outil (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 $mm^3/ N·m$) et la densité (ISO 3369, précision ± 0,01 g/cm^3).

Par exemple, la durée de vie de l'outil WC8Co est de 12 heures ± 1 heure et le taux d'usure des pièces résistantes à l'usure est de 0,05 $mm^3/ N·m$ ± 0,01 $mm^3/ N·m$.

Mécanisme et analyse :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les particules presque sphériques sont empilées uniformément (écart < 0,1 % ± 0,01 %), réduisant les défauts de frittage (porosité < 0,5 % ± 0,1 %), et la dureté est HV 1900 ± 30. L'uniformité de pressage (écart de densité < 0,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³) améliore la précision de l'outil (< 0,1 mm ± 0,01 mm). Le MEB montre que le corps fritté a des grains uniformes (0,51 μm ± 0,01 μm) et de petits pores (< 0,1 μm ± 0,01 μm).

Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du WC8Co est de 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m , ce qui est meilleur que celui des particules irrégulières (0,07 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse des facteurs d'influence

Sphéricité : 90 % ± 2 %, densité élevée ; < 80 % ± 2 %, porosité augmentée de 10 % ± 2 %.
Taille des particules : 2040 μm±0,01 μm , bonne uniformité ; >50 μm±0,01 μm , le taux de défauts augmente de 10 %±2 %.
Température de frittage : 1450°C±10°C, excellentes performances ; >1500°C±10°C, croissance des grains 10%±2%.
Pression de pressage : 200 MPa±1 MPa, densité élevée ; <100 MPa±1 MPa, porosité augmentée de 15%±3%.
Teneur en Co : 8 % ± 1 %, bonne ténacité ; > 15 % ± 1 %, la dureté diminue de 10 % ± 2 %.

Par exemple, le taux d'usure du WC8Co (sphéricité 80 % ± 2 %) augmente à 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une durée de vie de l'outil > 10 heures ± 1 heure et un taux d'usure < 0,05 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m . Recommandé :
Optimisation des particules : sphéricité 90%±2%, taille des particules 2040 μm±0,01 μm .
Optimisation du pressage : pression 200300 MPa±1 MPa, uniformité augmentée de 10%±2%.
Optimisation du frittage : 1450°C±10°C, granulométrie 0,51 μm±0,01 μm .
Co-optimisation : 6%10%±1%, performances équilibrées.
Spécifications d'essai : ISO 3685 (durée de vie de l'outil), ASTM G65 (usure).

Demande d'ingénierie

Outil de coupe : WC8Co (dureté HV 1900±30), durée de vie 12 heures±1 heure.
Pièces résistantes à l'usure : WC8Co (taux d'usure 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures.
Moule : WC8Co (densité>99%±0,1%), durée de vie>10^6 fois±10^5 fois.

Ces applications montrent que les particules presque sphériques répondent aux exigences de résistance des outils et de l'usure.

10.6.1.3 Particules de carbure irrégulières

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.1.3.1 Particules de carbure irrégulières

Méthode de préparation : Broyage mécanique à boulets (vitesse 600800 tr/min)

Principe de base et aperçu technique

Les particules irrégulières sont préparées par broyage mécanique à billes (WC, Co, granulométrie 0,55 μm ± 0,01 μm), avec une vitesse de rotation de 600 800 tr/min ± 10 tr/min, un rapport bille/matériau de 10:120:1 ± 1 et un temps de broyage de 412 heures ± 0,1 heure. Le coût du procédé est faible (< 20 yuans/kg ± 2 yuans/kg) et la morphologie des particules est aléatoire (sphéricité < 80 % ± 2 %).

L'équipement est un broyeur à boulets planétaire (volume du réservoir 0,52 L ± 0,01 L), et les tests comprennent la morphologie (MEB, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm) et la granulométrie (granulomètre laser, précision ± 0,01 μm). Par exemple, la granulométrie irrégulière du WC6Co est de 2 μm ± 0,01 μm , et la sphéricité est de 60 % ± 2 %.

Mécanisme et analyse

Le broyage à boulets brise les particules par impact (énergie 1 J/g±0,1 J/g) et cisaillement (taux de cisaillement 10^3 s^{-1}±10^2 s^{-1}), formant des arêtes et des coins (angle < 90°±5°). Le MEB montre que la surface des particules est rugueuse (Ra0,5 μm±0,01 μm) et que la morphologie est irrégulière (déviation < 0,2 % ± 0,02 %). La DRX confirme la phase WC (2θ35,6° ± 0,1°) et une faible quantité de déformation (distorsion du réseau < 0,1 % ± 0,01 %).

Le test de morphologie a montré que la sphéricité de 60%±2% était inférieure à la sphéricité proche (90%±2%).

Analyse des facteurs d'influence

Vitesse de rotation : 700 tr/min ± 10 tr/min, granulométrie modérée ; > 800 tr/min ± 10 tr/min, le taux de surbroyage augmente de 10 % ± 2 %.
Temps de broyage : 8 heures ± 0,1 heure, la morphologie est stable ; > 12 heures ± 0,1 heure, la contamination augmente de 5 % ± 1 %.
Rapport bille/matériau : 15:1±1, haute efficacité ; <10:1±1, l'écart de taille des particules augmente de 10 %±2 %.
Milieu : Éthanol, moins de pollution ; eau, l'oxydation augmente de 10%±2%.
Dureté de la poudre : WC (HV>2000±50), difficile à écraser ; Co, augmentation de la déformation de 5%±1%.

Par exemple, la contamination du WC6Co (900 tr/min ± 10 tr/min) augmente à 0,1 % ± 0,01 %.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une granulométrie de 25 μm ± 0,01 μm et une contamination inférieure à 0,05 % ± 0,01 %. Les recommandations suivantes sont recommandées :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation de la vitesse : 600800 tr/min±10 tr/min, broyage contrôlé.
Contrôle du temps : 68 heures ± 0,1 heure, éviter le surbroyage.
Rapport bille/matériau : 15:1±1, améliore l'efficacité.
Sélection du milieu : éthanol, pureté > 99,5 % ± 0,01 %.
Spécifications du test : MEB (morphologie), analyse granulométrique au laser.

Par exemple, le WC6Co (700 tr/min ± 10 tr/min) a une taille de particule de 2 µm ± 0,01 µm et une contamination de < 0,05 % ± 0,01 %.

10.6.1.3.2 Impact sur les performances : fluidité > 16 secondes/50 g, taux de vide élevé (70 % 75 %)

Principe de base et aperçu technique
Les particules irrégulières présentent une fluidité > 16 s/50 g ± 0,1 s/50 g, une porosité de 70 % à 75 % ± 2 % et une masse volumique apparente < 4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³. Les bords et les angles augmentent le frottement (coefficient de frottement > 0,5 ± 0,05) et la masse volumique comprimée est faible (< 7 g/cm³ ± 0,01 g/cm³), ce qui convient aux applications à faible coût.

Les tests portent sur la fluidité (ASTM B213, précision ± 0,1 s/50 g), la porosité (ASTM B212, précision ± 0,1 %) et la performance en compression (ISO 3927, précision ± 0,01 g/cm³). Par exemple, la fluidité des particules irrégulières de WC6Co est de 18 s/50 g ± 0,1 s/50 g, et la porosité est de 72 % ± 2 %.

Mécanisme et analyse
Les particules irrégulières ont de nombreux points de contact (> 10 points/particule ± 2 points), un frottement élevé (> 0,2 N ± 0,01 N) et une fluidité de 18 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g. Le taux de vide de 72 % ± 2 % est dû à un empilement aléatoire (facteur d'empilement ~ 0,30 ± 0,01). Le MEB montre que les ponts entre les particules sont évidents (vides 0,20,5 µm ± 0,01 µm). Le test de fluidité montre que 18 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g est inférieur à la quasi-sphérique (15,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g).

Analyse des facteurs d'influence
Morphologie : Sphéricité < 80 % ± 2 %, faible fluidité ; > 80 % ± 2 %, la fluidité augmente de 10 % ± 2 %.
Taille des particules : 25 µm±0,01 µm , porosité modérée ; >10 µm±0,01 µm , la porosité augmente de 10 %±2 %.
Rugosité de surface : Ra>0,5 µm±0,01 µm , la fluidité diminue de 15%±3% ; <0,2 µm±0,01 µm , la fluidité augmente de 5%±1%.
Distribution des particules : large distribution, fraction vide augmentée de 10 % ± 2 % ; pic unique, fraction vide diminuée de 5 % ± 1 %.
Humidité : >0,5%±0,01%, la fluidité diminue de 20%±3%.
Par exemple, la porosité du WC6Co (taille des particules 10 µm ± 0,01 µm) augmente jusqu'à 75 %

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

± 2 %.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une fluidité < 18 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g et un taux de vide < 75 % ± 2 %.
Recommandations :
Optimisation de la morphologie : sphéricité >70%±2%, réduction des bords et des coins.
Contrôle de la taille des particules : 25 μm±0,01 μm , distribution unimodale.
Optimisation de surface : Ra<0,5 μm±0,01 μm , réduisant le frottement.
Contrôle environnemental : humidité < 0,1% ± 0,01 %, éviter l'agglomération.
Spécifications d'essai : ASTM B213 (fluidité), ASTM B212 (teneur en vides).
Par exemple, le WC6Co (sphéricité 70 % ± 2 %) a une fluidité de 17 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g et une porosité de 72 % ± 2 %.

10.6.1.3.3 Application : Revêtement résistant à l'usure à faible coût et outils d'usinage grossier

Principe de base et aperçu technologique

Les particules irrégulières conviennent aux revêtements résistants à l'usure à faible coût (durée de vie > 10^3 heures ± 100 heures) et aux outils d'usinage grossier (durée de vie > 5 heures ± 0,5 heure) en raison de leur faible coût (< 20 yuans/kg ± 2 yuans/kg) et de leur porosité élevée (72 % ± 2 %). La projection thermique (APS) et le pressage et le frittage (1450 °C ± 10 °C) forment des structures (densité > 95 % ± 0,1 %).

Les tests portent sur la performance du revêtement (ASTM G65, précision ± 0,01 mm^3/ N·m), la durée de vie de l'outil (ISO 3685, précision ± 0,01 mm) et la densité (ISO 3369, précision ± 0,01 g/cm^3). Par exemple, le taux d'usure du revêtement WC6CoAPS est de 0,08 mm^3/N·m± 0,01 mm^3/ N·m , et la durée de vie de l'outil d'ébauche est de 6 heures ± 0,5 heure.

Mécanisme et analyseLe

Français la porosité élevée des particules irrégulières (72%±2%) réduit la densité du revêtement (>95%±0,1%), mais l'avantage de coût est évident. La dureté après pressage et frittage est HV 1600±30, ce qui convient à l'usinage de faible précision (<0,5 mm±0,01 mm). Le MEB montre que le revêtement a plus de pores (0,10,5 μm±0,01 μm) et les grains de l'outil sont de 25 μm±0,01 μm . Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du revêtement est de 0,08 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m , ce qui est supérieur à HVOF (0,03 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m).

Analyse des facteurs d'influence

Morphologie : Sphéricité < 80 % ± 2 %, faible coût ; > 80 % ± 2 %, densité augmentée de 10 % ± 2 %.
Taille des particules : 25 μm±0,01 μm , revêtement uniforme ; >10 μm±0,01 μm , la porosité augmente de 10 %±2 %.
Procédé de pulvérisation : APS, faible coût ; HVOF, taux d'usure réduit de 50 % ± 5 %.
Température de frittage : 1450°C±10°C, performances modérées ; >1500°C±10°C, croissance des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

grains 10%±2%.
Charge : Usinage à basse vitesse (<500 m/min±10 m/min), outil adapté.
Par exemple, le taux d'usure du revêtement WC6Co (taille des particules 10 μm ± 0,01 μm) augmente jusqu'à 0,1 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

La stratégie d'optimisation
vise à obtenir une durée de vie du revêtement supérieure à 10^3 heures ± 100 heures et une durée de vie de l'outil supérieure à 5 heures ± 0,5 heure. Recommandé :
Optimisation des particules : taille des particules 25 μm±0,01 μm , sphéricité > 70 %±2 %.
Optimisation du procédé : APS (puissance 3050 kW ± 5 kW), frittage 1450°C ± 10°C.
Co-optimisation : 6%10%±1%, performances équilibrées.
Post-traitement : polissage Ra<0,5 μm±0,01 μm , taux d'usure réduit de 10%±2%.
Spécifications d'essai : ASTM G65 (usure), ISO 3685 (durée de vie de l'outil).

Demande d'ingénierie
Revêtement résistant à l'usure
WC6CoAPS (taux d'usure 0,08 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) durée de vie > 10^3h±100h.
Outils d'ébauche
WC6Co (dureté HV 1600±30) durée de vie 6 heures±0,5 heure.
Pièces à bas prix
WC6Co (densité>95%±0,1%) durée de vie>10^3 heures±100 heures.
Ces applications démontrent que les particules irrégulières conviennent aux scénarios à faible coût.

10.6.1.4 Particules en forme de flocons/d'aiguilles

10.6.1.4.1 Mécanisme de formation : Contrôle inadéquat de la réaction de carbonisation

Principe de base et aperçu de la technologie
Les particules en forme de flocons/aiguilles se forment en raison d'un contrôle insuffisant de la réaction de carbonisation (température > 2000 °C ± 50 °C, C/W < 1,0 ± 0,1), et les cristaux de WC croissent préférentiellement le long d'un plan cristallin spécifique (plan (0001)) avec un rapport d'aspect > 5:1 ± 0,5. Le processus comprend une carbonisation à haute température (1800-2200 °C ± 10 °C) et un refroidissement rapide (> 10^3 K/s ± 10^2 K/s), et la taille des particules est de 550 μm ± 0,01 μm .

L'équipement est un four de carbonisation (puissance 100-200 kW ± 10 kW), et les tests incluent la morphologie (MEB, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm) et la structure cristalline (DRX, précision ± 0,1°). Par exemple, le rapport d'aspect des particules de paillettes de WC est de 10:1 ± 0,5, et leur taille est de 20 μm ± 0,01 μm .

Mécanisme et analyse
Dans la réaction de carbonisation, un rapport C insuffisant (C/W<1,0±0,1) conduit à la croissance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

préférentielle de cristaux de WC (taux de croissance 10^{-6} m/s±10^{-7} m/s), formant des paillettes (épaisseur <5 μm±0,01 μm) ou des aiguilles (diamètre <2 μm±0,01 μm). Le MEB montre que la surface des particules est lisse (Ra<0,2 μm±0,01 μm), mais que les bords sont tranchants (angle <30°±5°). La DRX confirme la structure hexagonale du WC (a2,9 Å±0,01 Å), et le plan (0001) est renforcé (intensité>50%±5%). Les tests morphologiques montrent que le rapport hauteur/largeur de 10:1±0,5 est supérieur à celui des particules sphériques (1:1±0,1).

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en carbone : C/W~0,9±0,01, flocons évidents ; >1,0±0,01, la sphéricité augmente de 20%±3%.

Température : 2000°C±10°C, principalement en forme d'aiguille ; <1800°C±10°C, morphologie uniforme.

Taux de refroidissement : >10^3 K/s±10^2 K/s, rapport hauteur/largeur élevé ; <10^2 K/s±10 K/s, le rapport hauteur/largeur diminue de 10 %±2 %.

Atmosphère : Ar , moins oxydant ; CO, l'écart C augmente de 10 % ± 2 %.

Taille des particules de poudre : 520 μm±0,01 μm , morphologie stable ; >50 μm±0,01 μm , les défauts augmentent de 10 %±2 %.

Par exemple, le rapport hauteur/largeur de WC (C/W>1,0±0,01) est réduit à 5:1±0,5.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir un rapport hauteur/largeur > 5:1 ± 0,5 et une taille de 520 μm ± 0,01 μm . Les recommandations suivantes sont recommandées :

Contrôle de la teneur en carbone : C/W~0,9±0,01, favorisant la croissance préférentielle.

Optimisation de la température : 2000°C±10°C, flocon/aiguille amélioré.

Optimisation du refroidissement : >10^3 K/s±10^2 K/s, forme fixe.

Contrôle de l'atmosphère : Ar , pureté > 99,9 % ± 0,01 %.

Spécifications du test : MEB (morphologie), XRD (structure cristalline).

Par exemple, WC (2000°C±10°C, C/W~0,9±0,01) a un rapport hauteur/largeur de 10:1±0,5.

10.6.1.4.2 Impact sur les performances : faible fluidité (> 20 secondes/50 g), faible masse volumique apparente (< 4,5 g/cm³)

Principes de base et aperçu technique

La fluidité des particules en forme de flocons ou d'aiguilles est > 20 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g, la masse volumique apparente est < 4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³, le rapport d'aspect (> 5:1 ± 0,5) augmente l'enchevêtrement des particules (taux d'enchevêtrement > 50 % ± 5 %) et le taux de vide est > 75 % ± 2 %. Ce matériau est adapté aux matériaux composites spéciaux et aux supports de catalyseurs.

Les tests incluent la coulabilité (ASTM B213, précision ± 0,1 s/50 g), la masse volumique apparente (ASTM B212, précision ± 0,01 g/cm³) et la morphologie (MEB, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Par exemple, la coulabilité des particules de flocons de WC est de 22 s/50 g ± 0,1 s/50 g, et la masse volumique apparente est de 4,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

Mécanisme et analyse

La surface de contact des particules en forme de paillettes/d'aiguilles est grande (> 100 μm²/particule ± 10 μm²), le frottement est élevé (> 0,5 N ± 0,05 N) et la fluidité est de 22 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g. La masse volumique apparente de 4,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ est due à un empilement désordonné (facteur d'empilement ~ 0,25 ± 0,01). Le MEB montre que les espaces entre les particules sont grands (0,51 μm ± 0,01 μm) et que l'intrication est évidente. Le test de fluidité montre que 22 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g est inférieur aux particules irrégulières (18 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g).

Analyse des facteurs d'influence

Rapport hauteur/largeur : > 5:1±0,5, faible fluidité ; < 3:1±0,5, la fluidité augmente de 10 %±2 %.
Taille des particules : 520 μm±0,01 μm , empilement modéré ; > 50 μm±0,01 μm , taux de vide augmenté de 10 %±2 %.
Rugosité de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , la fluidité augmente de 5%±1% ; >0,5 μm±0,01 μm , la fluidité diminue de 10%±2%.
Distribution des particules : large distribution, rapport de vide augmenté de 10 % ± 2 % ; pic unique, densité augmentée de 5 % ± 1 %.
Humidité : >0,5%±0,01%, la fluidité diminue de 20%±3%.
Par exemple, la fluidité du WC (rapport hauteur/largeur 3:1±0,5) augmente à 20 sec/50 g±0,1 sec/50 g.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une fluidité < 22 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g et une masse volumique apparente > 4,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³. Les recommandations suivantes sont recommandées :
Optimisation de la morphologie : rapport hauteur/largeur < 5:1±0,5, réduisant l'enchevêtrement.
Contrôle de la taille des particules : 520 μm±0,01 μm , distribution unimodale.
Optimisation de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , frottement réduit.
Contrôle environnemental : humidité < 0,1% ± 0,01 %, éviter l'agglomération.
Spécifications de test : ASTM B213 (fluidité), ASTM B212 (densité).
Par exemple, le WC (rapport d'aspect 5:1±0,5) a une fluidité de 21 s/50 g±0,1 s/50 g et une densité de 4,2 g/cm³±0,01 g/cm³.

10.6.1.4.3 Application du carbure cémenté : matériaux composites spéciaux et supports de catalyseurs en carbure cémenté

Principes de base et aperçu technique

Les particules lamellaires/aciculaires conviennent aux matériaux composites spéciaux (résistance > 100 MPa ± 10 MPa) et aux supports de catalyseurs (efficacité catalytique > 80 % ± 2 %) en raison de leur surface spécifique élevée (> 10 m²/g ± 1 m²/g) et de leur porosité (> 75 % ± 2 %). Elles

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

peuvent être préparées par frittage à haute température (1450 °C ± 10 °C) ou par une méthode hybride pour répondre aux exigences de légèreté et de catalyse.

Les tests portent sur la surface spécifique (BET, précision ± 0,1 m²/g), la performance catalytique (MOR, précision ± 10 mA/cm²) et la résistance (ISO 3327, précision ± 10 MPa). Par exemple, la résistance d'un matériau composite à particules de WC est de 120 MPa ± 10 MPa et son efficacité catalytique est de 85 % ± 2 %.

Mécanisme et analyse

La surface spécifique élevée des particules en forme de paillettes/d'aiguilles (10 m²/g±1 m²/g) améliore l'activité catalytique (courant MOR>400 mA/cm²±10 mA/cm²), et la porosité (>75%±2%) améliore la légèreté des matériaux composites (densité<5 g/cm³±0,01 g/cm³). Le MEB montre que les particules sont uniformément réparties (écart<0,1%±0,01%) et ont de grands pores (0,51 μm±0,01 μm). Les tests catalytiques montrent que l'efficacité des particules en forme de paillettes de WC est de 85%±2%, ce qui est meilleur que celle des particules sphériques (70%±2%).

Analyse des facteurs d'influence

Rapport d'aspect : > 5:1±0,5, surface spécifique élevée ; < 3:1±0,5, l'efficacité diminue de 10 %±2 %.
Taille des particules : 520 μm±0,01 μm , bonnes performances catalytiques ; > 50 μm±0,01 μm , l'efficacité diminue de 10 %±2 %.
Température de frittage : 1450°C±10°C, la structure est stable ; >1500°C±10°C, la porosité diminue de 10%±2%.
Matériau de la matrice : polymère, résistance modérée ; céramique, résistance augmentée de 20 % ± 3 %.
Environnement : Acide (pH<3±0,1), efficacité catalytique diminuée de 15%±3%.
Par exemple, l'efficacité catalytique du WC (taille des particules 50 μm ± 0,01 μm) est tombée à 75 % ± 2 %.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre un rendement catalytique > 80 % ± 2 % et une résistance > 100 MPa ± 10 MPa. Les recommandations suivantes sont recommandées :
Optimisation des particules : rapport hauteur/largeur > 5:1±0,5, taille des particules 520 μm±0,01 μm .
Optimisation du frittage : 1450°C ± 10°C, en maintenant la porosité.
Choix du substrat : céramique ou polymère, propriétés équilibrées.
Optimisation de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , activité catalytique augmentée de 5%±1%.
Spécifications des tests : BET (surface spécifique), MOR (performance catalytique).

Demande d'ingénierie

Matériaux composites en carbure cémenté

Le poids des particules de flocons de WC (résistance 120 MPa ± 10 MPa) est réduit de 20 % ± 3 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Support de catalyseur en carbure cémenté
Les particules en forme d'aiguilles de WC (efficacité 85 % ± 2 %) ont une durée de vie de > 10^4 heures ± 10^3 heures.

Pièces légères en carbure cémenté
Particules de flocons de WC (densité < 5 g/cm^3 ± 0,01 g/cm^3) résistance > 100 MPa ± 10 MPa.
Ces applications démontrent que les particules en forme de plaquettes/aiguilles répondent à des exigences spécifiques.

10.6.2 Classification selon la géométrie du produit fini

Les produits finis en carbure sont disponibles sous forme de paillettes (lames, tôles), de barres/cylindriques (forets, fraises), de géométries complexes (moules, buses) et de formes personnalisées/non standard, qui influencent la répartition des contraintes (facteur de concentration de contraintes < 1,5 ± 0,1), la précision d'usinage (< 0,1 mm ± 0,01 mm) et la durée de vie (> 10 heures ± 1 heure à > 10^6 fois ± 10^5 fois). Ils sont préparés par pressage, frittage, rectification ou fabrication additive pour répondre aux besoins de l'usinage CNC, du perçage profond et des moules de précision.

Cette section analyse les caractéristiques du carbure en feuille, du carbure en tige/cylindrique, des formes géométriques complexes et des formes personnalisées et non standard.

10.6.2.1 Carbure lamellaire (lames, tôles)

10.6.2.1.1 Caractéristiques du carbure en feuille (lames, tôles) : épaisseur 0,510 mm, rayon de coupe < 50 µm

Principe de base et aperçu technique
Le carbure cémenté lamellaire (épaisseur 0,510 mm ± 0,01 mm) est préparé par pressage de poudre (200300 MPa ± 1 MPa) et frittage (1450°C ± 10°C), avec un rayon d' arête de coupe <50 µm ± 1 µm et une rugosité de surface Ra <0,2 µm ± 0,01 µm . Il répond à une coupe à grande vitesse (> 1000 m/min ± 10 m/min) et à une haute précision (< 0,1 mm ± 0,01 mm).

L'équipement comprend une presse CNC (précision ± 0,01 mm) et une rectifieuse (résolution < 1 µm ± 0,1 µm). Les tests portent sur la précision géométrique (ISO 1832, précision ± 0,01 mm) et la qualité des arêtes (microscope optique, résolution < 1 µm ± 0,1 µm). Par exemple, une lame P10 a une épaisseur de 3 mm ± 0,01 mm et un rayon d'arête de 40 µm ± 1 µm .

Mécanisme et analyse :
La tranche mince (épaisseur 0,510 mm±0,01 mm) réduit la résistance à la coupe (<100 N±10 N), et le rayon de bord <50 µm±1 µm améliore la précision de coupe (rugosité de surface Ra<0,5 µm±0,01

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

μm). Après frittage, la granulométrie est de 0,51 μm±0,01 μm et la dureté est de HV 1900±30. Le MEB montre qu'il n'y a pas d'écaillage sur le bord (défauts <1 μm±0,1 μm) et que la surface est lisse (Ra<0,2 μm±0,01 μm). Les tests géométriques montrent que la précision <0,1 mm±0,01 mm est meilleure que celle de la tige (<0,5 mm±0,01 mm).

Analyse des facteurs d'influence

Épaisseur : 35 mm±0,01 mm, haute résistance ; <0,5 mm±0,01 mm, le taux de fracture augmente de 10 %±2 %.

Rayon de coupe : < 50 μm±1 μm , excellente précision ; > 100 μm±1 μm , force de coupe augmentée de 15 %±3 %.

Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , dureté élevée ; >2 μm±0,01 μm , la dureté diminue de 10 %±2 %.

Température de frittage : 1450°C±10°C, structure uniforme ; >1500°C±10°C, croissance des grains 10%±2%.

Précision de meulage : < 1 μm ± 0,1 μm , bonne qualité des bords ; > 5 μm ± 0,1 μm , le taux d'écaillage des bords augmente de 10 % ± 2 %.

Par exemple, la force de coupe d'une plaquette P10 (arête 100 μm ± 1 μm) augmente à 120 N ± 10 N.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une épaisseur de 0,510 mm ± 0,01 mm et un rayon de coupe inférieur à 50 μm ± 1 μm . Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation du pressage : pression 200300 MPa±1 MPa, épaisseur uniforme.

Optimisation du frittage : 1450°C±10°C, granulométrie 0,51 μm±0,01 μm .

Optimisation du meulage : précision <1 μm±0,1 μm , rayon de coupe <50 μm±1 μm .

Co-optimisation : 6%10%±1%, équilibrant dureté et ténacité.

Spécification de test : ISO 1832 (géométrie), microscope optique (bord).

Par exemple, la précision d'une lame P10 (bord 40 μm ± 1 μm) est < 0,1 mm ± 0,01 mm.

10.6.2.1.2 Exigences de performance pour le carbure en feuille (lames, plaques minces) : Dureté HV 1600-2000, durée de vie de coupe > 10 heures

Principes de base et aperçu technique :

La dureté du carbure cémenté lamellaire doit être HV 16002000±30, la durée de vie de coupe > 10 heures ± 1 heure, la ténacité K_{1} c 1012 MPa·$m^{1/2}$±0,5, adaptée à l'usinage CNC (vitesse > 1000 m/min ± 10 m/min). Grain 0,51 μm ± 0,01 μm , teneur en Co 6 % 10 % ± 1 %, souvent complété par un revêtement (TiAlN , épaisseur 25 μm ± 0,1 μm).

Les tests portent sur la dureté (ASTM E92, charge 10 kg ± 0,1 kg), la durée de vie (ISO 3685, précision ± 0,01 mm) et l'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^3/ N·m). Par exemple, une lame P10 présente une dureté de HV 1900 ± 30 et une durée de vie de 12 heures ± 1 heure.

Analyse du mécanisme :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les grains fins (0,51 μm±0,01 μm) fournissent une dureté HV 1900±30, le Co (8 %±1 %) assure une ténacité K_{1} c 10 MPa·$m^{1/2}$±0,5, et le revêtement TiAlN (coefficient de frottement < 0,3 ± 0,05) prolonge la durée de vie (> 12 heures ± 1 heure). Le MEB montre une usure uniforme après la coupe (profondeur < 0,01 mm ± 0,001 mm) et aucun écaillage (< 0,01 mm ± 0,001 mm). L'EDS confirme la distribution du TiAlN (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Le test de durée de vie montre que P10 est meilleur que K20 (durée de vie 10 heures ± 1 heure).

Analyse des facteurs d'influence

Dureté : HV>1800±30, longue durée de vie ; <1600±30, le taux d'usure augmente de 20%±3%.
Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , excellente résistance à l'usure ; >2 μm±0,01 μm , durée de vie réduite de 10 %±2 %.
Teneur en Co : 6%10%±1%, anti-écaillage ; >12%±1%, réduction de la dureté de 10%±2%.
Épaisseur du revêtement : 25 μm±0,1 μm , la durée de vie augmente de 30 %±5 % ; >10 μm±0,1 μm , le taux de pelage augmente de 15 %±3 %.
Vitesse de coupe : >1000 m/min±10 m/min, revêtement requis ; <500 m/min±10 m/min, substrat préféré.
Par exemple, la durée de vie d'une lame K20 (non revêtue) est réduite à 8 heures ± 1 heure .

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une dureté HV de 1600 à 2000 ± 30 et une durée de vie supérieure à 10 heures ± 1 heure. Recommandations :
Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).
Co-optimisation : 6%10%±1%, performances équilibrées.
Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 30%±5%.
Traitement des arêtes de coupe : rayon < 50 μm±1 μm , taux d'écaillage des arêtes de coupe réduit de 10 %±2 %.
Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 3685 (durée de vie).
Par exemple, la durée de vie d'un insert P10 (TiAlN , 2 μm ± 0,1 μm) est de 12 heures ± 1 heure .

10.6.2.1.3 Application de paillettes de carbure (lames, tôles) : usinage CNC (ISO P10, K20)

Principes de base et aperçu technique

Le carbure lamellaire (P10, K20) est largement utilisé dans l'usinage CNC (acier, fonte, précision < 0,1 mm ± 0,01 mm) en raison de sa dureté HV 1600 2000 ± 30 et de sa durée de vie > 10 heures ± 1 heure. Le P10 convient à l'acier (vitesse > 1000 m/min ± 10 m/min) et le K20 convient à la fonte (vitesse 800 1200 m/min ± 10 m/min).

Les tests portent sur les performances de coupe (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), l'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^{3}/ N·m) et la précision (ISO 1832, précision ± 0,01 mm). Par exemple, la durée de vie d'une lame P10 usinée en acier est de 12 heures ± 1 heure, et la précision d'une lame K20 usinée en fonte est inférieure à 0,1 mm ± 0,01 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Analyse du mécanisme :

TiC (10 % ± 0,1 %) de P10 augmente la dureté à HV 1900 ± 30, et WC (> 90 % ± 1 %) de K20 assure la stabilité thermique (> 800 °C ± 10 °C). Le revêtement (TiAlN , 2 μm ± 0,1 μm) réduit le taux d'usure (0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m). Le MEB montre que P10 s'use uniformément (profondeur < 0,01 mm ± 0,001 mm) et que K20 a une surface lisse (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm).

Les tests de coupe montrent que la durée de vie du P10 est de 12 heures ± 1 heure , ce qui est mieux que le K20 (10 heures ± 1 heure).

Analyse des facteurs d'influence

Nuance : P10 (acier), K20 (fonte), pièce correspondante.

Revêtement : TiAlN , durée de vie augmentée de 30 % ± 5 % ; sans revêtement, durée de vie diminuée de 20 % ± 3 %.

Rayon de coupe : <50 μm±1 μm , haute précision ; >100 μm±1 μm , précision réduite de 10 %±2 %.

Vitesse de coupe : > 1000 m/min ± 10 m/min, P10 est excellent ; < 800 m/min ± 10 m/min, K20 est applicable.

Dureté de la pièce : HV>1000±50, P10 est préféré ; <500±50, K20 est applicable.

Par exemple, la durée de vie du K20 (non revêtu) est réduite à 8 heures ± 1 heure .

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une durée de vie supérieure à 10 heures ± 1 heure et une précision inférieure à 0,1 mm ± 0,01 mm. Recommandé :

Sélection de nuance : P10 (acier), K20 (fonte).

Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 30%±5%.

Optimisation de la pointe : rayon < 50 μm±1 μm , précision augmentée de 10 %±2 %.

Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).

Spécifications d'essai : ISO 3685 (coupe), ISO 1832 (précision).

Demande d'ingénierie

Traitement de l'acier : lame P10 (dureté HV 1900±30) durée de vie 12 heures±1 heure.

Usinage de la fonte : lame K20 (précision < 0,1 mm ± 0,01 mm), durée de vie 10 heures ± 1 heure.

Pièces aéronautiques : P10 (taux d'usure 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) précision < 0,1 mm±0,01 mm.

Ces applications démontrent que les alliages en paillettes répondent aux exigences de l'usinage CNC.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

GROUPE CTIA LTD

Introduction aux bijoux en carbure de nickel (acier au tungstène)

Présentation des bijoux en carbure cémenté à base de nickel (acier au tungstène) de CTIA GROUP LTD

Le carbure cémenté à base de nickel (acier au tungstène) utilise du carbure de tungstène (WC) comme phase dure et du nickel (Ni) comme phase de liaison. Grâce à sa dureté ultra-élevée (HV800–2200), son excellente résistance à l'usure, à la corrosion, aux hautes températures, aux chocs, sa densité élevée (19 g/cm³) , sa durabilité exceptionnelle et son esthétique unique, il est devenu le matériau de prédilection pour la joaillerie haut de gamme, les plaques signalétiques fonctionnelles, les objets de collection et les produits imitation or pur de haute qualité. Comparé au carbure cémenté à base de cobalt (WC-Co), le WC-Ni présente une meilleure résistance à la corrosion, une meilleure biocompatibilité, une meilleure résistance aux radiations et une meilleure durabilité écologique. Il est adapté à une utilisation prolongée, aux environnements extrêmes (profondeurs marines, espace) et à la transmission intergénérationnelle.

CTIA GROUP LTD (CTIA) est la marque principale de China Tungsten Online Technology Co., Ltd., se concentrant sur la conception et la fabrication de bijoux en acier tungstène, de produits fonctionnels, d'objets de collection et de produits en or pur imitation de haute qualité. Les produits couvrent **52 catégories** , y compris les bagues, colliers, bracelets, boucles d'oreilles, pendentifs, boutons de manchette, boîtiers de montre, porte-clés, broches, boucles de ceinture, montures de lunettes, accessoires pour cheveux, boucles de portefeuille, pinces à cravate, décorations de stylo, boucles de ceinture, décorations de boîtier de téléphone portable, badges, porte-cartes de visite, étuis à briquet, décorations de boîte à bijoux, boucles de bracelet de montre, décorations de canne, plaques signalétiques de soldat, étiquettes pour animaux de compagnie, étiquettes de bagages, souvenirs d'anniversaire d'entreprise, cartes d'identité VIP d'entreprise financière, bijoux en acier tungstène commémoratifs de pleine lune, substituts de monnaie virtuelle, cubes de tungstène, signets, pendentifs de porte-clés, supports de téléphone portable, cartes de visite, ornements de sculpture, cadrans de montre, fidget spinners, pièces d'échecs, chaînes de montre plaquées or, briques d'or, bagues en or, bracelets en or, colliers en or, boucles d'oreilles en or, pendentifs en or, broches en or, boutons de manchette en or, boucles de ceinture en or, ainsi que des substituts plaqués or pour les produits financiers bancaires (lingots d'or plaqués or, commémoratifs Les médailles, les pièces d’investissement) sont exportées vers les États-Unis, l’Europe, le Japon, l’Asie du Sud-Est, le Moyen-Orient, l’Australie, l’Afrique et d’autres marchés mondiaux.

Fondée en 1997, China Tungsten Online est un leader mondial du commerce électronique de produits en tungstène. Certifiée ISO 9001:2015, elle dessert plus de 10 000 clients dans plus de 200 pays et régions et a fourni avec succès plus de 100 000 produits en tungstène standard et personnalisés.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

S'appuyant sur la force de recherche et développement de Chinatungsten Online, CTIA crée des produits en acier tungstène durables, esthétiques, respectueux de l'environnement, intelligents et traçables grâce à la métallurgie des poudres, au revêtement PVD/DLC/IP, à la gravure laser femtoseconde, à l'impression 3D, à l'électroérosion, à l'oxydation par micro-arc, à la gravure de précision CNC, à l'intégration RFID/NFC et à la technologie blockchain. L'acier tungstène est populaire dans les alliances, les accessoires de mode, les bijoux fonctionnels, la personnalisation haut de gamme, les accessoires intelligents, les accessoires professionnels, les plaques signalétiques militaires, la gestion des animaux de compagnie, les souvenirs, les collections de cryptomonnaies et les produits imitation or pur de haute qualité pour son éclat métallique précieux, sa résistance aux rayures, sa haute densité, sa résistance aux radiations, sa durabilité écologique et sa valeur patrimoniale intergénérationnelle.

Les produits plaqués or (y compris les substituts aux produits financiers bancaires) utilisent un placage PVD/IP en or 18 carats/24 carats d'une épaisseur de 0,5 à 2,5 μm . Leur aspect est similaire à celui de l'or pur, leur résistance à l'usure est 5 à 8 fois supérieure et leur prix est seulement 1/10 de celui de l'or pur, ce qui les rend populaires auprès des collectionneurs, des investisseurs et des consommateurs haut de gamme. Les substituts aux produits financiers bancaires (tels que les lingots, médailles et pièces d'investissement plaqués or) remplacent les lingots et pièces d'or traditionnels par une densité élevée et une apparence imitant l'or pur, offrant des options d'investissement et de collection économiques et durables, adaptées à un héritage intergénérationnel.

Les bijoux en carbure cémenté à base de nickel (acier au tungstène) sont similaires à ceux des buses d'aviation (revêtement résistant à l'érosion), des électrodes de cellules électrolytiques (revêtement résistant à la corrosion), des moules haute température (revêtement résistant à l'usure) et des composants aérospatiaux (revêtement résistant aux radiations), reflétant l'application transversale du carbure cémenté. Les bijoux en acier au tungstène de CTIA présentent une excellente résistance aux rayures, une résistance à la corrosion, une esthétique, des fonctions intelligentes, une résistance aux hautes températures, une résistance aux chocs, une densité élevée, une résistance aux radiations et une durabilité ultra-longue. Comparés à l'or, au platine, à la fibre de carbone et à d'autres matériaux, ils présentent un excellent rapport qualité-prix et une forte compétitivité sur le marché, notamment dans la collection de substituts de monnaie virtuelle, de cubes de tungstène, de produits plaqués or et de substituts de produits financiers bancaires.

2. Types de bijoux en carbure de tungstène et leur introduction

CTIA propose une variété de bijoux en carbure de tungstène, de produits fonctionnels, d'objets de collection et de produits imitation or pur de haute qualité pour répondre aux besoins des alliances, des bijoux fantaisie, des bijoux fonctionnels, de la personnalisation haut de gamme, des bijoux intelligents, des accessoires professionnels, des articles militaires, des articles pour animaux de compagnie, des souvenirs, des collections de cryptomonnaies, des produits financiers bancaires et des cadeaux haut de gamme. Le tableau suivant présente tous les produits en carbure de tungstène conçus et fabriqués par CTIA GROUP LTD, mettant en avant leur résistance aux radiations, leur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

aspect imitation or pur de haute qualité et leur valeur patrimoniale.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Présentation de tous les produits et accessoires en acier au tungstène conçus et fabriqués par CTIA GROUP LTD

taper	Sous-catégories	Introduction
anneau	Alliances	Revêtement poli miroir ou PVD or/noir/arc-en-ciel, dureté HV800-2200, incrusté de diamants, de zircons ou de céramique, résistant aux rayures et à la corrosion, adapté à l'héritage de génération en génération.
	Bagues de mode	Gravure laser femtoseconde de motifs personnalisés (empreinte digitale, carte des étoiles, logo), revêtement DLC (or, noir, bleu, arc-en-ciel), résistant aux radiations, à la mode et durable.
	Anneaux fonctionnels	Résistant à l'eau de mer et à la corrosion par la sueur, avec surface brossée/mate, adapté à la plongée et à l'alpinisme, avec une augmentation de 80 % de la résistance à l'usure, adapté aux environnements extrêmes.
	Bague intelligente	Intégré avec puce NFC/RFID, prend en charge le paiement, le contrôle d'accès, la surveillance de la santé, le revêtement DLC, les interférences anti-électromagnétiques, adapté à la vie intelligente.
	Bagues d'anniversaire de mariage	Gravé avec la date du mariage, les vœux ou un portrait miniature, recouvert de PVD- ZrN et serti de pierres précieuses, il est parfait pour les anniversaires et peut être transmis de génération en génération.
collier	Collier pendentif	Les pendentifs en acier tungstène (formes rondes, carrées, cœur, animaux) sont associés à des chaînes en acier inoxydable, en cuir ou en acier tungstène, revêtues de PVD- TiN , résistantes à la casse et adaptées à la collection.
	Collier chaîne	Chaîne tout acier tungstène (chaîne à chevrons, chaîne serpent, chaîne corde), polie ou brossée, dureté HV1500, résistance à la traction augmentée de 60%, résistante aux radiations.
bracelet	Bracelet fermé	Moulage monobloc, incrusté de céramique, de pierres précieuses ou de fibre de carbone, dureté HV1800, résistant aux rayures, miroir/mat, adapté à l'héritage.
	Bracelet ouvert	Conception réglable, revêtement PVD (or rose, noir), léger (4 à 8 g), résistant aux radiations et élégant.
boucle	Boucles d'oreilles	Petites boucles d'oreilles en tungstène incrustées de zircon, perle ou saphir, polies Ra<0,03 µm , libération de Ni<0,1 µg /cm²/semaine, adaptées aux peaux sensibles.
	boucles d'oreilles	Boucles d'oreilles pendantes, créoles ou asymétriques avec revêtement DLC (noir, bleu), anti-oxydation et adaptées à un port longue durée.
Pendentifs	Pendentif personnalisé	Gravure laser femtoseconde relief 3D, lettres ou logos, associée à du cuir, de l'acier tungstène ou une chaîne en corde, revêtement PVD- ZrN , adapté à la collection.
	Pendentifs fonctionnels	Outils intégrés (décapsuleur, boussole, clé USB), résistant à la corrosion, adapté à une utilisation en extérieur, haute durabilité.
Boutons de manchette	-	Poli ou brossé, incrusté de fibre de carbone, de pierres précieuses ou d'émail, dureté HV1500, résistant aux rayures, adapté aux costumes, affaires haut de gamme.
Cas	-	Boîtier en acier tungstène, revêtement PVD/DLC, dureté HV1800, résistant aux rayures, disponible avec bracelet en cuir, métal ou silicone, compatible avec les montres mécaniques/intelligentes, adapté à l'héritage.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Porte-clés	-	Porte-clés en acier tungstène, gravé avec logo, motif ou code QR, résistant à l'usure et à la corrosion, adapté à un usage quotidien.
broche	-	Incrusté de pierres précieuses, d'émail ou de perles, revêtement PVD, dureté HV1500, adapté à une tenue de soirée ou à une collection, avec une valeur d'héritage élevée.
Boucle de ceinture	-	Boucle de ceinture en acier tungstène, polie ou brossée, motif gravé, résistante aux rayures, assortie à une ceinture en cuir ou en tissu, durable pour les affaires.
Montures de lunettes	-	Monture de lunettes en acier tungstène, revêtement PVD (noir, or), dureté HV1200, résistante aux rayures, légère (8–18 g), adaptée à un port longue durée.
Accessoires pour cheveux	Épingle à cheveux	Épingles à cheveux en acier tungstène, incrustées de zircon ou d'émail, polies ou revêtues de DLC, résistantes à la corrosion, à la mode et durables.
	Bandeau pour cheveux	Bandeau pour cheveux en acier tungstène, motif gravé, revêtement PVD- TiN , résistant à l'usure, adapté à un usage quotidien.
Boucle de portefeuille	-	Boucle de portefeuille en acier tungstène, logo ou motif gravé au laser, dureté HV1200, résistant aux rayures, pratique pour les affaires.
Pince à cravate	-	Pince à cravate en acier tungstène, incrustée de pierres précieuses ou de fibre de carbone, polie ou brossée, dureté HV1500, adaptée aux occasions professionnelles, haut de gamme et durable.
Décorations de stylos	-	Capuchon de stylo en acier tungstène ou décoration du corps du stylo, revêtement PVD/DLC, dureté HV1200, résistant aux rayures, adapté à la papeterie haut de gamme.
Boucles de ceinture	-	Boucle de ceinture en acier tungstène, incrustée de fibre de carbone ou d'émail, revêtement PVD, dureté HV1500, résistant aux rayures, mode professionnelle.
Décoration de coque de téléphone	-	Cadre de boîtier de téléphone portable en acier tungstène ou bande décorative, revêtement DLC (noir, arc-en-ciel), dureté HV1800, résistance aux rayures, adapté aux téléphones portables haut de gamme.
badge	-	Insigne en acier tungstène, logo gravé au laser femtoseconde ou motif commémoratif, revêtement PVD- TiN , adapté à la collection ou au cadeau, avec une valeur d'héritage élevée.
Porte-cartes de visite	-	Porte-cartes de visite en acier tungstène, poli ou brossé, gravé avec un texte personnalisé, dureté HV1200, résistant aux rayures, style professionnel haut de gamme.
Coque plus légère	-	Coque de briquet en acier tungstène, revêtement DLC (noir, or), dureté HV1500, résistant aux rayures, adapté à la collection.
Décoration de boîte à bijoux	-	Cadre ou serrure de boîte à bijoux en acier tungstène, revêtement PVD, dureté HV1200, résistant aux rayures, adapté aux cadeaux haut de gamme.
Boucle de bracelet de montre	-	Boucle de bracelet de montre en acier tungstène, polie ou revêtue de DLC, dureté HV1500, résistante aux rayures, adaptée aux montres haut de gamme.
Décoration en canne	-	Canne en acier tungstène ou pièce décorative, incrustée de pierres précieuses ou d'émail, revêtement PVD, dureté HV1200, convient à la collection.
Plaque signalétique de	-	Plaque signalétique de soldat en acier tungstène, gravure laser femtoseconde du nom, du numéro ou de l'emblème de l'unité, dureté HV1800, résistance aux rayures et aux chocs, associée à une chaîne en

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

soldat		acier inoxydable, adaptée à un usage militaire.
Médailles pour animaux de compagnie	-	Médaille pour animaux de compagnie en acier tungstène, gravée avec le nom de l'animal, les coordonnées du propriétaire ou le code QR, revêtement DLC, dureté HV1500, résistante à l'usure et à la corrosion, adaptée à la gestion des animaux de compagnie.
Étiquette de bagage	-	Étiquette de bagage en acier tungstène, nom, adresse ou logo gravé au laser, revêtement PVD, dureté HV1200, résistant aux rayures, adapté aux voyages.
Souvenirs d'anniversaire d'entreprise	Médailles	Médaille commémorative en acier tungstène, gravée avec le logo de l'entreprise, la date d'anniversaire, le revêtement PVD or/noir, la dureté HV1500, adaptée aux célébrations d'entreprise, grande valeur de collection.
	Pièces commémoratives	Pièces commémoratives en acier tungstène, logo ou motif d'entreprise en relief 3D, revêtement DLC, dureté HV1800, adaptées à la collection et à l'héritage de génération en génération.
Marque familiale		Gravez les noms de famille, tels que la famille Han, les noms de famille, les branches, etc. pour mettre en évidence les caractéristiques et les points forts de la famille.
Carte d'identité VIP d'entreprise financière	-	Carte d'identité VIP en acier tungstène, intégrée avec puce RFID, gravée avec le nom ou le numéro du client, revêtement PVD or rose/noir, dureté HV1800, adaptée aux clients haut de gamme.
Bijoux commémoratifs en tungstène pour la pleine lune	Pendentifs	Pendentif commémoratif pleine lune en acier tungstène, gravé du nom du bébé, de la date de naissance ou du portrait, incrusté de zircon, revêtement PVD, adapté à l'héritage familial.
	Plaque commémorative	Plaque commémorative de pleine lune en acier tungstène, bénédictions ou motifs gravés au laser, revêtement DLC, dureté HV1500, convient à la collection, valeur d'héritage élevée.
Substituts de monnaie virtuelle	Pièces de défi	Pièce de défi en acier tungstène, gravée avec un logo de crypto-monnaie (tel que Bitcoin, Ethereum) ou un motif blockchain, revêtement PVD or/noir, dureté HV1800, poli miroir, tourne pendant plus de 2 minutes, convient à la collection.
	Pièces commémoratives	Pièce commémorative en acier tungstène, logo de monnaie virtuelle en relief 3D, puce RFID intégrée pour prendre en charge la traçabilité de la blockchain, revêtement DLC, valeur de collection élevée, adaptée à l'héritage.
Cube de tungstène	Collection Cube	Cube en acier au tungstène, EDM, poli miroir, densité 19 g/cm³ , taille 10 mm–50 mm (19,1 g–2300 g), adapté à l'affichage de bureau ou à la collection, et à l'héritage de génération en génération.
	Cube commémoratif	Gravure de motifs ou de logos personnalisés, revêtement PVD, dureté HV1500, résistance aux rayures, adapté aux cadeaux ou à la collection de crypto-monnaie, valeur d'héritage élevée.
Signets	-	Marque-page en acier tungstène, gravure laser femtoseconde texte ou motif, revêtement PVD, dureté HV1200, résistant aux rayures, adapté aux amateurs de lecture et adapté à l'héritage.
Porte-clés pendentif	-	Porte-clés pendentif en acier tungstène, relief 3D gravé ou code QR, revêtement DLC, dureté HV1500, résistant à l'usure et à la corrosion, adapté à un usage quotidien.
Support de téléphone portable	-	Support de téléphone portable en acier tungstène, traitement de précision CNC, revêtement PVD, dureté HV1200, résistance aux rayures, stabilité du bureau, adapté au bureau haut de gamme .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

carte de visite	-	Carte de visite en acier tungstène, nom gravé au laser, position ou code QR, revêtement DLC, dureté HV1800, résistant aux rayures, entreprise haut de gamme, adaptée à l'héritage.
Sculptures	-	Ornements de sculpture en acier au tungstène, géométrie complexe d'impression 3D, revêtement PVD, dureté HV1500, adaptés à l'affichage à la maison ou au bureau et peuvent être transmis de génération en génération.
Cadran de montre	-	Cadran de montre en acier tungstène, échelle ou motif gravé au laser femtoseconde, revêtement DLC, dureté HV1800, résistant aux rayures, adapté aux montres haut de gamme et aux collections.
Fidget Spinner	-	Fidget spinner en acier tungstène, usiné CNC, revêtement PVD, dureté HV1500, tourne pendant 3 à 5 minutes, collecte de décompression, adapté à l'héritage.
morceau	-	Pièces d'échecs en acier tungstène, gravées de motifs d'échecs ou de go, revêtement DLC, dureté HV1200, résistant aux rayures, adapté à la collection ou à la compétition, avec une valeur d'héritage élevée.
Chaîne de montre plaquée or	-	Chaîne de montre en acier tungstène plaqué or, placage IP or 18K/24K (0,5–2,5 μm), dureté HV1800, résistante aux rayures, ressemble à une chaîne de montre en or pur, résistante à la corrosion, adaptée aux montres haut de gamme.
Briques dorées	-	Brique plaquée or en acier tungstène, revêtement PVD or 24 carats, densité 19 g/cm³ , taille 50×30×20mm (environ 570g), poli miroir, or pur haute imitation, convient à la collection ou au cadeau.
Bague en or doré	-	Bague en acier tungstène plaqué or, placage IP or 18 carats, dureté HV800-2200, incrustée de zircon ou de diamant, résistante aux rayures, alliance imitation or pur, adaptée à l'héritage.
Bracelet plaqué or	-	Bracelet en acier tungstène plaqué or, placage PVD or 24 carats, dureté HV1500, conception chaîne ou fermée, résistant à la corrosion, haute imitation or pur, adapté à un port à la mode.
Collier plaqué or	-	Collier plaqué or en acier tungstène, placage IP or 18 carats, dureté HV1500, conception de chaîne à chevrons ou de chaîne serpent, anti-casse, texture imitation or pur, adapté à une tenue de soirée.
Boucles d'oreilles plaquées or	-	Boucles d'oreilles en acier tungstène plaqué or, revêtement PVD or 24 carats, dureté HV1200, incrustées de perles ou de pierres précieuses, anti-oxydation, boucles d'oreilles imitation or pur, adaptées aux femmes.
Pendentif plaqué or	-	Pendentif plaqué or en acier tungstène, placage IP or 18 carats, dureté HV1500, relief 3D gravé, pendentif imitation or pur, adapté à la collection.
Broche en or doré	-	Broche en acier tungstène plaqué or, revêtement PVD or 24 carats, dureté HV1500, incrustée d'émail ou de pierres précieuses, broche imitation or pur, adaptée à la robe ou à la collection.
Boutons de manchette plaqués or	-	Boutons de manchette en acier tungstène plaqué or, revêtement IP en or 18 carats, dureté HV1500, polis ou brossés, boutons de manchette imitation or pur, adaptés à l'assortiment de costumes.
Boucle de ceinture plaquée or	-	Boucle de ceinture en acier tungstène plaqué or, revêtement PVD or 24 carats, dureté HV1500, motif gravé, boucle de ceinture imitation or pur, adaptée aux occasions professionnelles.
Substituts	Lingots plaqués	Lingot d'or plaqué or en acier tungstène, revêtement PVD or 24 carats, densité 19 g/cm³ , taille 100 ×

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

plaqués or pour les produits financiers bancaires	or	50 × 10 mm (environ 950 g), poli miroir, gravé du logo ou du numéro de la banque, imitation d'un lingot d'or pur, adapté à l'investissement et à la collection.
	Médaille plaquée or	Médaillon en acier tungstène plaqué or, revêtement IP or 18 carats, dureté HV1800, diamètre 50 mm (environ 100 g), logo bancaire en relief 3D ou motif commémoratif, intégré avec puce RFID, adapté à la collection d'investissement.
	Pièces d'investissement dorées	Pièce d'investissement plaquée or en acier tungstène, revêtement PVD or 24 carats, dureté HV1800, diamètre 40 mm (environ 60 g), gravée avec un thème d'investissement ou un logo bancaire, imitant une pièce d'or pur, tourne pendant 2 minutes, convient pour offrir en cadeau.

3. Caractéristiques des bijoux en tungstène

Les produits en acier au tungstène de CTIA sont à base de WC (80-95 % en poids) et de Ni (5-20 % en poids), avec l'ajout de Cr_3C_2 , TiC , TaC , VC et NbC . Les caractéristiques comprennent :

Propriétés physiques des bijoux en acier tungstène

Dureté des bijoux en acier tungstène

HV800–2200, Mohs 8,5–9,5, deuxième après le diamant (10), la résistance aux rayures est meilleure que l'or 18 carats (HV100–200) et la durée de vie est de plus de 30 ans.

Densité des bijoux en carbure de tungstène

19 g/cm³ , proche de l'or (19,32 g/cm³) et dépassant de loin le plomb (13 g/cm³) , le poids du produit est de 4 à 2 300 g, ce qui donne aux lingots d'or et aux médailles commémoratives une texture lourde.

Résistance des bijoux en acier tungstène

K_IC 8–16 $MPa \cdot m^{1/2}$, résistant aux chocs légers, peut être retiré par clivage d'urgence avec une pince-étau.

Conductivité thermique des bijoux en acier tungstène

80–120 W/ m·K , dissipation rapide de la chaleur, confortable à porter, adapté aux environnements à haute température.

Coefficient de dilatation thermique des bijoux en carbure de tungstène

4–7×10^{-6} /°C, taux de déformation < 0,03 %, dimensionnellement stable, adapté aux produits de précision.

Résistance à haute température des bijoux en acier tungstène

Son point de fusion est d'environ 2870 °C et il est stable à 2500 °C, ce qui est supérieur à celui de l'or (1064 °C). Il convient aux applications aérospatiales, en haute mer et aux moules haute

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

température.

Résistance aux chocs des bijoux en acier tungstène

Résistant aux chocs de 10 à 20 kN , adapté aux plaques signalétiques de soldats, aux lingots d'or et à une utilisation en extérieur.

Résistance aux radiations des bijoux en acier tungstène

Résistant aux rayonnements gamma de 15 kGy , meilleur que l'acier inoxydable (1 kGy), protège les puces intégrées et convient aux environnements spatiaux et nucléaires.

Stabilité thermique des bijoux en acier tungstène

1 000 à 2 500 °C Aucune modification des performances, adapté aux scénarios de températures extrêmement élevées.

Propriétés chimiques des bijoux en acier tungstène

Résistance à la corrosion des bijoux en acier tungstène

Il est résistant aux acides et aux alcalis (pH 2–12), à la sueur et à l'eau de mer, avec un taux de corrosion de < 0,001 mm/mille ans, ce qui est meilleur que le WC-Co (0,01 mm/an), ce qui le rend adapté à la collecte intergénérationnelle.

Biocompatibilité des bijoux en tungstène

Taux de libération de Ni < 0,1 μg /cm²/semaine (meilleur que la norme EU EN1811), taux d'allergie < 0,2 %, meilleur que l'acier inoxydable (5–10 %), adapté aux peaux sensibles.

Anti-oxydation des bijoux en acier tungstène

Résiste à l'oxydation à 1200°C sans décoloration ni piqûres, adapté aux environnements à haute température.

Propriétés antibactériennes des bijoux en carbure de tungstène

Le revêtement DLC inhibe les bactéries (telles que Staphylococcus aureus et Escherichia coli) avec un taux d'inhibition de > 99 %, améliorant ainsi l'hygiène.

Stabilité chimique des bijoux en carbure de tungstène

Durabilité ultra longue, les propriétés de surface restent inchangées pendant des milliers d'années, adaptées à l'héritage culturel.

Propriétés esthétiques des bijoux en tungstène

La brillance des bijoux en carbure de tungstène

Polissage Ra<0,02 μm , effet miroir comparable au platine, lustre longue durée, adapté aux lingots d'or et aux pièces d'investissement.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

La diversité des couleurs des bijoux en tungstène

Le revêtement PVD/DLC/IP permet d'obtenir des couleurs or, noir, bleu, or rose et arc-en-ciel. Les produits plaqués or peuvent imiter l'or pur et leur couleur restera stable pendant des milliers d'années.

La capacité de gravure des bijoux en carbure de tungstène

La gravure laser femtoseconde a une précision de ± 0,001 mm, prend en charge le relief 3D et la micro-gravure et possède des motifs durables, adaptés à une conception personnalisée.

Diversité des textures des bijoux en carbure de tungstène

Les textures brossées, mates, miroir et imprimées en 3D répondent aux besoins de la mode et des collections.

Caractéristiques fonctionnelles des bijoux en carbure de tungstène

Résistance aux rayures des bijoux en carbure de tungstène

Réduction de 95 % de la profondeur des rayures, 30 ans de performances de surface sans usure et durables.

Durabilité des bijoux en tungstène

La durée de vie du substrat dépasse mille ans, la durée de vie du produit plaqué or est de 5 à 15 ans et le coût de maintenance est faible.

Protection environnementale des bijoux en carbure de tungstène

100% recyclable, la consommation d'énergie de frittage est réduite de 70% (par rapport à la fusion de l'or), zéro déchet et conforme à la durabilité écologique.

Conductivité des bijoux en carbure de tungstène

La résistivité est de 10^{-6} Ω·m , prend en charge NFC/RFID et convient aux fonctions intelligentes.

Interférences anti-électromagnétiques des bijoux en acier tungstène

Protège 99,5 % des ondes électromagnétiques basse fréquence, protège les puces intégrées et convient aux accessoires intelligents.

Traçabilité des bijoux en carbure de tungstène

Les puces RFID prennent en charge l'authentification de l'identité et le suivi par blockchain. Leur durée de vie est de plusieurs milliers d'années, ce qui les rend idéales pour remplacer les monnaies virtuelles et les lingots d'or.

Fonctions intelligentes des bijoux en tungstène

Équipé de capteurs, il prend en charge le paiement, le contrôle d'accès, la surveillance de la fréquence cardiaque et la surveillance de l'environnement, ce qui le rend adapté à la vie intelligente.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les bijoux en tungstène nécessitent très peu d'entretien

Pas besoin de polissage ou de réparation, les performances de surface restent inchangées pendant des milliers d'années, réduisant ainsi le coût d'utilisation.

L'héritage intergénérationnel des bijoux en tungstène

Sa stabilité chimique lui confère une valeur culturelle et de collection, ce qui le rend adapté à l'héritage familial et aux reliques historiques.

Adaptabilité des bijoux en carbure de tungstène aux environnements extrêmes

Il peut résister à une température élevée de 2 500 °C, à une pression en haute mer de 15 MPa et à un rayonnement de 15 kGy , et convient aux environnements aérospatiaux, en haute mer et nucléaires.

La valeur de collection et d'investissement des bijoux en acier tungstène

La haute densité et l'apparence imitation or pur confèrent aux lingots d'or, aux médailles commémoratives et aux pièces d'investissement une valeur d'investissement, adaptée au marché de la gestion de patrimoine bancaire.

Résistance à la fatigue des bijoux en acier tungstène

Résistant à 10^{6} cycles de contrainte, exempt de fissures de fatigue, adapté à une utilisation à long terme.

Résistance aux chocs thermiques des bijoux en tungstène

Résistant aux cycles de refroidissement et de chauffage rapides de 1000°C, sans fissures, adapté aux environnements extrêmes.

Ces caractéristiques sont cohérentes avec les exigences des buses d'aviation (revêtement résistant à la corrosion), des moules à haute température (résistants à l'usure), des électrodes de cellules électrolytiques (résistantes à la corrosion) et des composants aérospatiaux (résistants aux radiations), soulignant les avantages interdomaines de l'acier au tungstène.

4. Procédé de fabrication des bijoux en acier tungstène

CTIA s'appuie sur Chinatungsten Technologie de pointe en ligne pour la fabrication de bijoux en acier tungstène par métallurgie des poudres. Le processus de fabrication comprend :

Préparation de poudre

De la poudre WC ultrafine (0,06–1,0 μm) et de la poudre Ni de haute pureté (> 99,98 %) ont été broyées à l'aide de boulets à haute énergie, et Cr_3C_2 , TiC , TaC , VC et NbC ont été ajoutés, avec une granulométrie de 0,08 à 0,8 μm .

formation

Pressage isostatique à froid (CIP, 100–800 MPa), moulage par injection de métal (MIM), frittage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

sélectif par laser (SLS), frittage direct par laser de métal (DMLS), prise en charge de géométries complexes (telles que des lingots d'or et des ornements sculpturaux).

frittage

Frittage sous vide/hydrogène (1150–1500°C), densité 95–99,5 %, dureté HV800–2200.

Modification de surface

polissage

Polissage mécanique/électrochimique, Ra<0,02 μm , brillant miroir, adapté aux lingots d'or.

revêtement

PVD- TiN / ZrN /DLC/IP (0,2–10 μm), dureté HV2000–5000, résistance à l'usure augmentée de 70–85 % ; placage or IP (or 18K/24K, 0,5–3 μm), résistance à l'usure augmentée de 5 à 10 fois.

Implantation ionique

L'implantation d'azote/carbone/fluor réduit le taux d'écaillage de 98 %, ce qui convient aux médailles commémoratives.

Oxydation par micro-arc

La surface en céramique est formée et la résistance à la corrosion est améliorée de 60 %, ce qui convient aux plaques signalétiques.

Revêtement nano

Épaisseur de 5 à 50 nm, résistance à l'usure augmentée de 25 %, convient aux pièces d'investissement.

Revêtement résistant aux radiations

Résistant au rayonnement de 15 kGy , protège la surface et les puces et convient à une utilisation aérospatiale.

Usinage de précision

Gravure au laser femtoseconde

Précision ±0,001 mm, gravure en relief 3D, micro-gravure, convient aux pièces d'investissement.

EDM

Traitement de haute précision des lingots d'or, tolérance ±0,005 mm, effet miroir.

Gravure de précision CNC

CNC à neuf axes, précision ± 0,0005 mm, adaptée aux médailles et aux pièces d'échecs.

Meulage au diamant

Rugosité de surface Ra<0,01 μm , convient aux cadrans.

Traitement par ultrasons

Traitement de microstructures complexes avec une tolérance de ±0,002 mm, adaptées aux sculptures et aux ornements.

Incrustation et assemblage

Incorporé de diamants, de zircon et de céramique, et fixé avec de la colle haute température ou micromécaniquement, la fermeté est augmentée de 50 %.

Intégration RFID/NFC

Puce RFID/NFC intégrée, prend en charge l'authentification d'identité, la traçabilité de la blockchain et la durée de vie de la puce de mille ans.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation de l'IA

L'IA simule la correspondance des couleurs de revêtement, la conception géométrique et l'intégration de fonctions intelligentes, raccourcissant ainsi le cycle de développement de 60 %.

Microstructures d'impression 3D

DMLS imprime des structures à l'échelle nanométrique (telles que des textures de sculpture) avec une précision de ± 0,0005 mm et réduit les coûts de 50 %.

Intégration de la blockchain

Intégré à une puce blockchain, il prend en charge la traçabilité NFT et convient aux substituts de monnaie virtuelle et aux lingots d'or.

Test de simulation environnementale

Simulez une température élevée de 2 500 °C, une pression en haute mer de 15 MPa et un rayonnement de 15 kGy pour garantir des performances environnementales extrêmes.

Le processus est similaire aux technologies des buses d'aviation (revêtement de précision), des moules à haute température (surface résistante à l'usure), des composants aérospatiaux (résistance aux radiations) et des équipements en haute mer (résistance à la pression), reflétant la force de fabrication de CTIA.

5. Comparaison entre les bijoux en tungstène et les bijoux fabriqués à partir d'autres matériaux

bijoux en tungstène CTIA se comparent nettement aux performances d'autres matériaux. Voici un tableau comparatif :

Matériel	caractéristiques	Avantages	Inconvénients
Carbure de tungstène (WC-Ni, CTIA)	Test de dureté : Aucune rayure avec couteau diamanté/papier de verre (HV800-2200). Résistance à la corrosion : Aucune décoloration après 168 heures d'immersion dans la sueur ou l'eau de mer, et aucun dommage après 1 000 ans de corrosion simulée. Esthétique : Placage or PVD/IP 18K/24K, gravure 3D laser femtoseconde. Fonctionnalités intelligentes : paiement par anneau NFC, vérification par blockchain par badge RFID. Résistance à haute température : 2500°C sans déformation. Résistance aux chocs : Aucun dommage après un impact de 15 kN (plaque signalétique du soldat). Haute densité : les lingots d'or peuvent être lâchés sans dommage (19 g/cm³) , les pièces d'investissement peuvent être tournées pendant 2 minutes. Résistance aux radiations : 15 kGy rayonnement gamma non destructif. Durabilité : simulée mille ans sans détérioration.	Résistant aux rayures (95 % sans traces), résistant à la corrosion (aucun dommage pendant mille ans) intuitif. Imitation plaquée or pur, à la fois tendance et favorable à l'investissement.	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	Port et exposition : mariage, militaire, substitut de produit financier, héritage intergénérationnel. Traitement : MIM, SLS, PVD/IP, EDM, CNC, intégration blockchain.		
Or jaune (or 18 carats)	Test de dureté : les rayures des aiguilles en acier sont évidentes (HV100-200). Esthétique : Or naturel, artisanat traditionnel. Tenue : Mariage, nécessite un polissage.	Or haut de gamme, esthétique traditionnelle. Les conceptions complexes démontrent la plasticité.	Des rayures sont visibles ; un entretien est nécessaire après 1 an. Densité : 15–19 g/cm³ , durabilité limitée. Non résistant aux radiations, s'oxyde facilement.
Platine	Test de dureté : légère rayure (HV200–300). Résistance à la corrosion : résiste à la transpiration. Esthétique : Blanc argenté, texture haut de gamme.	Anticorrosion, adapté aux peaux sensibles. Positionnement haut de gamme, marché du luxe.	Les rayures sont visibles et nécessitent un polissage. Densité : 21,5 g/cm³ , épaisseur importante. Durabilité limitée, non résistant aux radiations.
platine	Test de dureté : les rayures sont plus visibles (HV200–250). Esthétique : Blanc brillant, texture élégante. Usure : Alliance, nécessite un entretien.	Blanc brillant, parfait pour les alliances. Résistant à la corrosion et plus durable que l'or.	Les rayures sont visibles et nécessitent un entretien fréquent. Densité : 19–21 g/cm³ , durabilité limitée.
Palladium	Test de dureté : Rayures évidentes (HV250–350). Esthétique : Blanc argenté, léger. Port : Alliance, légère et confortable.	Léger (12 g/ cm³) , confortable. Anticorrosion, convient aux peaux sensibles.	Les rayures sont évidentes et la durabilité est inférieure à celle de l'acier au tungstène. Faible densité et durabilité limitée.
Or rose	Test de dureté : Rayures évidentes (HV150–250). Esthétique : Rose, texture romantique. Porter : Alliance, nécessite un polissage.	Des tons romantiques, adaptés aux femmes. Design à la mode, attirant les jeunes consommateurs.	Rayures évidentes et oxydation facile. Densité 15–18 g/cm³ , durabilité limitée.
Rhodium	Test de dureté : Les rayures sont plus visibles (HV300-400). Esthétique : Argent brillant avec finition miroir. Usure : Bijou haut de gamme, nécessite un entretien.	Brillant miroir, texture haut de gamme. Anticorrosion, convient aux peaux sensibles.	Les rayures sont évidentes et le revêtement s'use facilement. Densité 12,4 g/ cm³, durabilité limitée.
Argent (argent 925)	Test de dureté : Rayures sévères (HV80–150). Esthétique : Blanc argenté, minimaliste. Usage : Quotidien, s'oxyde facilement.	Différents modèles et faible coût. Léger (3–8 g) et confortable.	S'oxyde facilement, décoloration en 1 an. Faible dureté et durabilité limitée.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Acier inoxydable (316L)	Test de dureté : Rayures évidentes (HV200–300). Résistance à la corrosion : résiste à la transpiration, légère décoloration. Esthétique : Brossé/Poli, Minimaliste.	Résistant à la corrosion, adapté à un usage quotidien. Différents modèles et faible coût.	Faible dureté et nombreuses rayures. La texture est ordinaire et la durabilité est limitée.
céramique	Test de dureté : Résistance aux rayures (HV1000–2000). Esthétique : Noir/blanc, lumière. Port : À la mode, mais avec prudence.	Haute dureté, résistance aux rayures. Léger (5–10 g) et confortable.	Faible ténacité et facile à casser. Couleur unique, durabilité limitée.
Alliage de titane	Test de dureté : légère rayure (HV300–400). Résistance à la corrosion : résiste à la sueur/à l'eau de mer, pas de décoloration. Esthétique : Gris argenté, moderne.	Léger (4–8 g) et confortable. Résistant à la corrosion, convient aux peaux sensibles.	Faible dureté et rayures évidentes. Couleur unique, durabilité limitée.
Fibre de carbone	Test de dureté : les rayures superficielles sont évidentes (HV100–200). Esthétique : Texture noire, sensation moderne. Porter : Léger et soigné.	Ultraléger (1–5 g) et confortable. Texture moderne, sens aigu de la mode.	Faible ténacité et facile à casser. Faible résistance à l'usure et durabilité limitée.

Les bijoux en acier tungstène CTIA ont passé les tests de dureté (aucune marque de couteaux en diamant), les tests de résistance à la corrosion (aucun dommage pendant des milliers d'années), l'affichage esthétique (placage or PVD/IP 18K/24K, gravure 3D), les fonctions intelligentes (paiement NFC, vérification de la blockchain RFID), les tests de résistance à haute température (aucune déformation à 2500°C), les tests de résistance aux chocs (aucun dommage à 15 kN), les tests de haute densité (aucun dommage lorsque les lingots d'or tombent, les pièces d'investissement tournent pendant 2 minutes), les tests de résistance aux radiations (aucun dommage à 15 kGy) et les tests de durabilité (aucune dégradation pendant des milliers d'années), soulignant les avantages de l'acier tungstène, qui est meilleur que l'or (rayures évidentes), le platine/or blanc/palladium/rhodium (entretien fréquent), l'or rose (facile à oxyder), l'argent (facile à oxyder), l'acier inoxydable (texture ordinaire), la céramique (fragile), l'alliage de titane (faible dureté) et la fibre de carbone (faible ténacité). Les technologies MIM, SLS, laser femtoseconde, étincelle électrique, CNC, placage à l'or IP, RFID et blockchain de CTIA sont à la pointe, et **les bijoux en acier tungstène** sont 100 % recyclables et peuvent être transmis de génération en génération.

6. Avantages en termes de performances

Avantages des bijoux en tungstène CTIA :
Résistance aux rayures : HV800–2200, profondeur des rayures réduite de 95 %, 30 ans sans usure.
Résistance à la corrosion : résistant à la sueur et à l'eau de mer, taux de corrosion < 0,001 mm/mille ans, adapté à la collecte intergénérationnelle.
Diversité esthétique : revêtement PVD/DLC/IP, gravure 3D laser femtoseconde, placage or pour

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

imiter l'or pur, couleur stable pendant des milliers d'années.

Biocompatibilité : Libération de Ni < 0,1 μg /cm²/semaine, taux d'allergie < 0,2%, convient aux peaux sensibles.

Durabilité : La durée de vie du substrat est de plus de mille ans et celle des produits plaqués or est de 5 à 15 ans, avec de faibles coûts de maintenance.

Propriété antibactérienne : le revêtement DLC a un taux antibactérien de >99%, ce qui améliore l'hygiène.

Fonctionnalités intelligentes : puce NFC/RFID, capteurs prenant en charge le paiement, le contrôle d'accès, la surveillance de la fréquence cardiaque, la traçabilité blockchain.

Résistance à haute température : 2500°C sans déformation, adapté à l'aérospatiale et aux grands fonds.

Résistance aux chocs : résistance aux chocs de 15 kN , convient aux plaques signalétiques et aux lingots d'or.

Haute densité : 19 g/ cm³, conférant aux lingots d'or, aux médailles et aux pièces d'investissement une sensation unique de poids et de valeur de collection.

Résistance aux radiations : Résistant aux radiations gamma de 15 kGy , protégeant les puces embarquées, adapté aux environnements nucléaires.

Entretien ultra-faible : aucun polissage ni réparation requis, les propriétés de surface restent inchangées pendant des milliers d'années.

Eco- durabilité : 100% recyclable, zéro déchet, meilleur que la fonte de l'or.

Héritage intergénérationnel : Sa stabilité chimique lui confère une valeur culturelle et de collection, ce qui le rend adapté à l'héritage familial.

Adaptabilité aux environnements extrêmes : Résistant à 2500°C, 15 MPa de pression en haute mer et 15 kGy de rayonnement, adapté aux scénarios extrêmes.

Valeur de collection et d'investissement : Imitation de l'apparence de l'or pur, adaptée au marché des produits financiers bancaires et à la communauté des crypto-monnaies.

Résistance à la fatigue : Résistant à 10^6 cycles de contrainte, pas de fissures de fatigue, adapté à une utilisation à long terme.

Propriétés acoustiques : La haute densité confère une résonance métallique unique, améliorant l'expérience de collection.

Résistance aux chocs thermiques : Résistant aux cycles de refroidissement et de chauffage rapides de 1000°C, sans fissures, adapté aux environnements extrêmes.

7. Scénarios d'application des bijoux en carbure de tungstène

Alliances et bagues d'anniversaire : bagues d'anniversaire, pendentifs pleine lune, revêtus de PVD- ZrN , incrustés de pierres précieuses, adaptés à l'héritage de génération en génération.

Accessoires de mode : colliers, bracelets, boucles d'oreilles, revêtement DLC arc-en-ciel, attirant les jeunes consommateurs.

Bijoux fonctionnels : bagues et pendentifs d'extérieur, résistants à la corrosion de l'eau de mer, adaptés à l'exploration en haute mer.

Personnalisation haut de gamme : boutons de manchette, boîtiers de montres, broches, incrustés

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de pierres précieuses, adaptés aux occasions formelles.

Accessoires intelligents : bagues intelligentes, boîtiers de montre, paiement NFC, surveillance de la santé, interférences anti-électromagnétiques, adaptés à la vie intelligente.

Accessoires d'affaires : pinces à cravate, porte-cartes de visite, cartes d'identité VIP, logos gravés au laser, affaires haut de gamme.

Militaire et Management : plaques nominatives pour soldats, étiquettes pour animaux de compagnie, étiquettes pour bagages, résistantes aux chocs, traçables, adaptées aux environnements nucléaires.

Collection et cadeau : médailles d'anniversaire d'entreprise, pièces commémoratives, médailles commémoratives de pleine lune, adaptées à la commémoration ou aux cadeaux.

Collection de crypto-monnaie : jetons de monnaie virtuelle, cubes de tungstène, briques d'or, gravés avec le logo Bitcoin, intégrés avec RFID pour prendre en charge la vérification de la blockchain, adaptés à l'affichage de bureau.

Affichage de bureau et de maison : briques d'or, cubes de tungstène, sculptures, signets, poli miroir, texture haute densité, adapté à la collection.

Produits en or pur imitation haute qualité : chaînes de montres plaquées or, bagues en or, bracelets en or, colliers en or, placage IP or 18K/24K, aspect imitation or pur, adaptés aux mariages et aux collections.

Substitut des produits financiers bancaires : lingots d'or plaqués or, médailles commémoratives, pièces d'investissement, revêtement PVD or 24 carats, lingots et pièces d'or pur imitation, adaptés à l'investissement et à la collection.

Aérospatiale et haute mer : les plaques signalétiques en acier tungstène et les lingots d'or sont résistants aux radiations et à une pression en haute mer de 15 MPa, adaptés aux environnements extrêmes.

Patrimoine culturel et historique : les médailles commémoratives, les sculptures et les motifs culturels sculptés conviennent à l'exposition dans les musées et à l'héritage familial.

Boîtier : Pièces d'investissement en acier tungstène plaquées or personnalisées CTIA pour le marché chinois, revêtement PVD or 24 carats, dureté HV1800, rotation pendant 2 minutes, volume d'exportation 10 000 pièces ; lingots d'or plaqués or exportés vers le Moyen-Orient, revêtement PVD or 24 carats, résistance aux radiations, volume d'exportation 3 000 pièces ; médailles commémoratives exportées vers l'Europe, revêtement IP or 18 carats, RFID intégré, volume d'exportation 5 000 pièces.

8. Défis et limites des bijoux en tungstène

Poids : 19 g/ cm^3, produit 4–2300 g, une conception légère est nécessaire pour améliorer le confort de port.

Ténacité : K_IC 8–16 $MPa \cdot m^{1/2}$, la méthode d'élimination des fissures doit être spécifiée.

Allergie au nickel : Des alliages sans nickel doivent être développés pour éliminer les risques d'allergies.

Durabilité du revêtement : la durée de vie du revêtement PVD/DLC/IP est de 5 à 15 ans et doit être améliorée pour une durée de vie plus longue.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Difficulté d'usinage : L'usinage EDM et CNC nécessite un équipement de haute précision et un cycle long.

9. Tendances de développement futures des bijoux en carbure de tungstène

Nano- grains : taille des particules WC < 0,06 μm , dureté HV2200–2500, ténacité augmentée de 40 %.

Alliage sans nickel : Ti, Cr et Co remplacent le Ni, et le taux d'allergie est réduit à 0 %.

Revêtement multicouche : PVD- TiN / ZrN /DLC/IP, durée de vie 40–50 ans.

Fabrication verte : frittage basse température (<1100°C), consommation énergétique réduite de 75%.

Impression 3D : SLS/DMLS, précision ±0,0005 mm, prend en charge les conceptions complexes.

Conception IA : l'IA optimise la géométrie, la correspondance des couleurs de revêtement et les fonctions intelligentes, raccourcissant ainsi le cycle de développement de 70 %.

Intégration intelligente : capteurs intégrés pour surveiller la fréquence cardiaque, l'oxygène dans le sang et les paramètres environnementaux en temps réel, augmentant la compétitivité du marché de 60 %.

Intégration de la blockchain : les jetons de monnaie virtuelle, les lingots d'or et les médailles sont intégrés à des puces blockchain pour prendre en charge la traçabilité des NFT.

Affichage AR : les lingots d'or et les pièces d'investissement utilisent la technologie AR pour afficher les détails de conception et améliorer l'expérience de collection.

Revêtement résistant aux radiations : résistant aux radiations de 150 kGy , adapté aux industries aérospatiales et nucléaires.

Revêtement auto-réparateur : Le revêtement nano auto-répare les micro-rayures et prolonge la durée de vie de la surface.

Biocapteurs : Biocapteurs intégrés pour surveiller les indicateurs de santé, adaptés aux accessoires intelligents.

10. Tableau récapitulatif des principales caractéristiques et points techniques des bijoux en carbure de tungstène CTIA

projet	décrire
Fabricant	CTIA GROUP LTD (CTIA), filiale de China Tungsten Online, ISO 9001:2015
Composition du matériau	WC 80–95 % en poids , Ni 5–20 % en poids , Cr_3C_2 , TiC , TaC , VC, NbC
Types d'ornements	Bagues (alliances, mode, fonctionnel, intelligent, anniversaire de mariage), colliers (pendentifs, chaînes), bracelets (fermés, ouverts), boucles d'oreilles (clous d'oreilles, boucles d'oreilles), pendentifs (personnalisés, fonctionnels), boutons de manchette, boîtiers de montre, porte-clés, broches, boucles de ceinture, montures de lunettes, accessoires pour cheveux (épingles à cheveux, bandeaux), boucles de portefeuille, pinces à cravate, décorations de stylo, boucles de ceinture, décorations de coque de téléphone portable, badges, porte-cartes de visite, étuis à briquet, décorations de boîte à bijoux, boucles de bracelet de montre, décorations de canne, plaques signalétiques de soldat, médailles pour animaux de compagnie, étiquettes de valise, souvenirs d'anniversaire d'entreprise (médailles, pièces commémoratives), cartes d'identité VIP d'entreprise financière, bijoux en acier tungstène commémoratifs de pleine lune (pendentifs,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	plaques commémoratives), substituts de monnaie virtuelle (pièces de défi, pièces commémoratives), cubes de tungstène (collection, commémoration), signets, pendentifs de porte-clés, supports de téléphone portable, cartes de visite, sculptures, cadrans de montre, fidget spinners, pièces d'échecs, chaînes de montres plaquées or, lingots d'or, bagues en or, bracelets en or, colliers en or, boucles d'oreilles en or, pendentifs en or, broches en or, boutons de manchette en or, boucles de ceinture en or, substituts plaqués or pour produits financiers bancaires (lingots d'or plaqués or, médailles commémoratives, pièces d'investissement)
Caractéristiques principales	Dureté : HV800–2200, Mohs 8,5–9,5 Densité : 19 g/cm³ Résistance à la corrosion : Taux de corrosion < 0,001 mm/1 000 ans Biocompatibilité : Libération de Ni < 0,1 µg /cm²/semaine Esthétique : Ra<0,02 µm , placage or 18K/24K Propriété antibactérienne : taux antibactérien > 99 % Conductivité : Prise en charge NFC/RFID Résistance à haute température : 2500°C sans déformation Résistance aux chocs : 15 kN Résistance aux radiations : 15 kGy Durabilité ultra-longue : les propriétés de surface restent inchangées pendant des milliers d'années ultra faible : aucun polissage requis Éco-durabilité : 100 % recyclable L'héritage intergénérationnel : la collection culturelle Adaptabilité aux environnements extrêmes : aérospatiale, haute mer Résistance à la fatigue : 10 ⁶ cycles Propriétés acoustiques : Résonance métallique Résistance aux chocs thermiques : résistance aux cycles de 1000°C Valeur de collection et d'investissement : Imitation de l'or pur, substitut de la gestion financière bancaire
Processus de fabrication	Préparation de poudre → CIP/MIM/SLS/DMLS → Frittage sous vide → Polissage/PVD/DLC/IP/Oxydation par micro-arc/Nano-revêtement/Revêtement anti-rayonnement → Gravure laser femtoseconde/EDM/CNC/Usinage par ultrasons → Incrustation → Intégration RFID/NFC → Optimisation de l'IA → Microstructure d'impression 3D → Intégration de la blockchain → Test de simulation environnementale
Modification de surface	Polissage : Ra<0,02 µm PVD- TiN / ZrN /IP : HV2000–5000, résistance à l'usure +70–85 % DLC : résistance à l'usure +75 %, antibactérien +99 % Oxydation par micro-arc : résistance à la corrosion +60% Revêtement nano : résistance à l'usure +25% Revêtement résistant aux radiations : résistant jusqu'à 15 kGy
Scénario d'application	Alliances, bijoux fantaisie, bijoux fonctionnels, personnalisation haut de gamme, bijoux intelligents, accessoires professionnels, militaire, gestion d'animaux de compagnie, objets de collection, cadeaux, collection de cryptomonnaies, présentoir de bureau, produits en or imitation de haute qualité, produits financiers bancaires, aérospatiale, haute mer, patrimoine culturel
Avantages en	Résistance aux rayures +95%, résistance à la corrosion +85%, les propriétés de surface restent inchangées pendant des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

termes de performances	milliers d'années, haute densité 19 g/cm³ , résistance aux radiations +15 kGy , durabilité écologique +100%, collection d'or pur imitation et valeur d'investissement
Comparaison vidéo	Test de dureté (pas de rayures), résistance à la corrosion (pas de dommages pendant des milliers d'années), fonctions intelligentes (paiement NFC, vérification de la blockchain RFID), résistance aux hautes températures (2500°C), résistance aux chocs (15 kN), haute densité (chute de lingot d'or, rotation de pièces d'investissement), résistance aux radiations (15 kGy), durabilité (pas de détérioration pendant des milliers d'années), meilleur que l'or, le platine, l'or blanc, le palladium, l'or rose, le rhodium, l'argent, l'acier inoxydable, la céramique, l'alliage de titane, la fibre de carbone
défi	Poids (4–2300 g), ténacité, allergie au nickel, durée de vie du revêtement, difficulté de traitement
Orientations futures	Grains nanocristallins, alliages sans nickel, revêtements multicouches, fabrication verte, impression 3D, conception d'IA, intégration intelligente, intégration de blockchain, affichage AR, revêtements résistants aux radiations, revêtements auto-cicatrisants, biocapteurs

11. Conclusion

CTIA GROUP LTD (CTIA) s'appuie sur la force mondiale de recherche et développement de produits en tungstène de China Tungsten Online pour produire **52 types** de produits en acier au tungstène, notamment des bagues, des colliers, des bracelets, des boucles d'oreilles, des pendentifs, des boutons de manchette, des boîtiers de montre, des porte-clés, des broches, des boucles de ceinture, des montures de lunettes, des accessoires pour cheveux, des boucles de portefeuille, des pinces à cravate, des décorations de stylo, des boucles de ceinture, des décorations d'étuis de téléphone portable, des badges, des porte-cartes de visite, des étuis à briquet, des décorations de boîtes à bijoux, des boucles de bracelet de montre, des décorations de canne, des plaques signalétiques de soldat , des étiquettes pour animaux de compagnie, des étiquettes de bagages, des souvenirs d'anniversaire d'entreprise, des cartes d'identité VIP d'entreprises financières, des bijoux en acier au tungstène commémoratifs de pleine lune, des substituts de monnaie virtuelle, des cubes de tungstène, des signets, des pendentifs de porte-clés, des supports de téléphone portable, des cartes de visite, des ornements de sculpture, des cadrans de montre, des fidget spinners, des pièces d'échecs, des chaînes de montre plaquées or, des briques d'or, des bagues en or, des bracelets en or, des colliers en or, des boucles d'oreilles en or, des pendentifs en or, de l'or Broches, boutons de manchette en or, boucles de ceinture en or et substituts plaqués or pour produits financiers bancaires (lingots d'or plaqués or, médailles commémoratives, pièces d'investissement), pour répondre aux besoins des alliances, accessoires de mode, bijoux fonctionnels, personnalisation haut de gamme, accessoires intelligents, accessoires d'affaires, militaire, gestion des animaux de compagnie, souvenirs, collection de crypto-monnaies, présentoirs de bureau, produits d'imitation en or pur de haute qualité, substituts de produits financiers bancaires, aérospatiale, haute mer et patrimoine culturel. L'acier au tungstène est connu pour sa dureté ultra élevée (HV800–2200), sa résistance aux rayures (réduction des rayures de 95 %), sa résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,001 mm/1 000 ans), ses propriétés antibactériennes (taux antibactérien > 99 %), sa résistance aux hautes températures (2 500 °C), sa résistance aux chocs (15 kN) , sa résistance aux radiations (15 kGy), sa haute densité (19 g/cm³) , sa durabilité ultra longue et sa valeur de collection et d'investissement en or imitation. Le revêtement PVD/DLC/IP, la gravure laser femtoseconde, la technologie RFID/NFC et la blockchain confèrent aux métaux précieux éclat, design personnalisé et fonctionnalités intelligentes,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

et leur rapport qualité-prix est bien supérieur à celui de l'or et du platine. La vidéo présente les avantages de l'acier tungstène par rapport aux autres matériaux : tests de dureté, de résistance à la corrosion, d'esthétique, de fonctionnalités intelligentes, de résistance aux hautes températures, aux chocs, à la haute densité, aux radiations et à la durabilité, notamment dans les domaines de la collection et de l'investissement : substituts de monnaies virtuelles, cubes de tungstène, produits plaqués or et substituts de produits de gestion de patrimoine bancaire. Leur stabilité chimique et leur valeur patrimoniale intergénérationnelle font des produits en acier tungstène un choix idéal pour les collections familiales, le patrimoine culturel et les environnements extrêmes. Similaires aux buses d'aviation (revêtements résistants à la corrosion), aux moules à haute température (surfaces résistantes à l'usure), aux composants aérospatiaux (résistance aux radiations) et aux technologies d'équipements en haute mer (résistance à la pression), les technologies MIM, SLS, laser femtoseconde, EDM, CNC, placage à l'or IP, oxydation par micro-arc, intégration RFID, intégration blockchain et optimisation de l'IA de CTIA reflètent les atouts inter-domaines.

Malgré les défis du poids, de la robustesse et de la durabilité du revêtement, les nano-grains, les alliages sans nickel, l'impression 3D, la fabrication verte, l'intégration de la blockchain, l'affichage AR et les revêtements auto-réparateurs propulseront les produits en carbure de tungstène vers des performances élevées, la durabilité et l'intelligence, injectant une vitalité innovante dans les marchés mondiaux des bijoux, des produits fonctionnels, des objets de collection, de l'or pur imitation de haute qualité et des produits de gestion de patrimoine bancaire.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

Description de la forme et liste des applications des plaques en carbure cémenté

1. Présentation de la tôle en carbure cémenté

Les tôles en carbure cémenté sont fabriquées à partir de carbure de tungstène fritté (WC) et de cobalt (Co) ou d'autres liants (tels que Ni, TiC) (teneur en WC 80 % 96 % ± 1 %, teneur en Co 4 % 15 % ± 0,5 %), avec une dureté élevée (HV 16002100 ± 50), une résistance à l'usure élevée (taux d'usure < 0,03 0,05 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m), une résistance à la flexion élevée (> 4000 MPa ± 50), et sont largement utilisées dans les outils de coupe, les pièces résistantes à l'usure, les moules, les revêtements, les ébauches d'outils, etc. Les tôles en carbure cémenté sont indispensables dans la fabrication de machines, l'aérospatiale, l'énergie, l'exploitation minière, l'électronique, l'automobile, la fabrication de moules, l'industrie chimique et d'autres industries en raison de leurs excellentes propriétés mécaniques et de leur résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an ± 0,002 mm/an).

2. Description de la forme des plaques en carbure cémenté

Formes des plaques courantes en carbure cémenté (caractéristiques géométriques et dimensions typiques)

Type de forme	Description des caractéristiques géométriques (mm)	Dimensions typiques (mm)
Assiette rectangulaire Assiette rectangulaire	Plan rectangulaire, quatre angles droits, surface plane (Ra<0,2 μm±0,01 μm), chanfreinage des bords (R0,20,5 ±0,05). Aspect : plaque métallique gris argenté, aux bords lisses, adaptée à la découpe en petits morceaux.	Longueur : 50 - 400 ± 0,1 Largeur : 20 - 200 ± 0,1 Épaisseur : 1 - 30 ± 0,05
Assiette carrée Assiette carrée	Plan carré, côtés égaux, surface polie miroir (Ra<0,10,2 μm±0,01 μm), quatre coins légèrement arrondis (R0,10,3 ±0,05). Aspect carré argenté, de taille uniforme.	Longueur du côté : 10 - 150 ±0,1 Épaisseur : 1 - 15 ±0,05
Assiette ronde Plaque/disque circulaire	Plan rond, diamètre du trou central optionnel : 0,510 ± 0,01, chanfrein de bord (45° ± 1°, largeur : 0,20,5 ± 0,05). Disque gris argenté, adapté aux ébauches d'outils rotatifs.	Diamètre : 10 - 300 ±0,1 Épaisseur : 1 - 20 ±0,05
plaque trapézoïdale plaque trapézoïdale	Section trapézoïdale, base supérieure courte, base inférieure longue, côté incliné (angle 5°-30°±1°), surface lisse. Tôle trapézoïdale argentée avec biseau net, idéale pour la fabrication de couteaux ou de moules sur mesure.	Base supérieure : 10 - 60 ± 0,1 Base inférieure : 20 - 100 ± 0,1 Hauteur : 10 - 60 ± 0,1 Épaisseur : 2 - 15 ± 0,05
Plaque de forme spéciale Plaque de forme personnalisée	Formes irrégulières, polygones, pentagones, hexagones, encoches (R15 ± 0,1), arêtes d'arc (R520 ± 0,1). L'aspect est une plaque métallique argentée irrégulière pour répondre à des besoins spécifiques.	Taille maximale : 10 - 300 ± 0,1 Épaisseur : 1 - 30 ± 0,05

Caractéristiques de forme des plaques en carbure cémenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Assiette rectangulaire/carrée

Il offre une grande polyvalence et permet une découpe aisée des ébauches d'outils et des pièces moulées. Sa tolérance est de ± 0,1 mm et sa surface est polie (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm).

Assiette ronde

Pour outils rotatifs (par exemple fraises, ébauches de forets), avec un trou central pour un serrage facile et des bords chanfreinés pour éviter l'écaillage.

Plaques trapézoïdales/de forme spéciale

Personnalisé pour répondre aux besoins d'outils complexes, de moules ou de pièces résistantes à l'usure, avec une précision de traitement élevée (écart < 0,01 mm).

Apparence

gris argenté (composant WCCo), polis miroir ou légèrement mats (tels que DLC, TiN , AlTiN) peuvent être noirs, dorés ou gris foncé.

3. Liste des utilisations des plaques en carbure cémenté

Voici les utilisations des plaques de carbure cémenté dans diverses industries, énumérant les formes, les nuances, les applications spécifiques et les exigences de performance applicables, couvrant la fabrication de machines, l'aérospatiale, l'énergie, l'exploitation minière, l'électronique, l'automobile, la fabrication de moules, les produits chimiques, etc. (référence ISO 513, littérature) :

utiliser	Forme applicable	Marque	Application spécifique (mm)	Exigences de performance (mm)
Ébauches d'outils de coupe	Rectangle, carré, cercle	YL10.2, K10, K05	Transformé en fraises, forets, outils de tournage, découpe d'acier, d'alliages d'aluminium, de matériaux composites, de substrats de circuits imprimés et de bois. Exemples : fraisage d'alliages de titane aéronautique (Ti6Al4V), perçage de substrats HDI (ouverture 0,051,0 ± 0,005).	Dureté : HV 1600 - 2100±50Ténacité : K_{1c} 711 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5Précision du tranchant : < 0,002 ± 0,0005Taux d'usure : < 0,03 ^{3} /N · m ± 0,01 mm ^{3} /N · m
Pièces résistantes à l'usure	Rectangulaire, rond, de forme spéciale	K05, K10, K20	Fabrication de chemises résistantes à l'usure, de rails de guidage et de bagues d'étanchéité pour équipements miniers (chemises de concasseur), presses à injection (bagues de vis) et moules de moulage électronique (pressage de substrats HDI). Par exemple, chemises de concasseur minier (durée de vie > 10^{6} tonnes ± 10^{5} tonnes).	Taux d'usure : < 0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · mRésistance à la flexion : > 4 000 MPa ± 50 Rugosité de surface : Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm
Pièces de moule	Trapèze, forme spéciale, rectangle	YU12, K05, YL10.2	Matrices de frappe à froid, matrices de poinçonnage, moules d'injection, production de boulons automobiles, boîtiers de téléphones portables, fixations aéronautiques. Exemple : Matrices de frappe à froid pour la fabrication de boulons M6 (> 10^{5} pièces ± 10^{4} pièces).	Résistance à la flexion : 4200 MPa±50 Résistance à la température : >900°C±10°C Écart de dimension : <0,01 Dureté : HV 1600 - 1900±50
Revêtement	Rectangle,	K10,	Revêtements d'équipements chimiques, revêtements de	Taux de corrosion : < 0,01 / an ± 0,002 / an Dureté :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

utiliser	Forme applicable	Marque	Application spécifique (mm)	Exigences de performance (mm)
résistant à la corrosion	Carré	YL10.2, WCNi	vannes de pompes, protection de cuves de galvanoplastie (cuivrage de PCB), équipements de décapage (H_2SO_4 , HCl) . Exemple : revêtement de réservoir par galvanoplastie (durée de vie > 2 ans ± 0,2 an).	HV 1700 - 2000 ± 50 Perte de masse : < 0,01 mg/cm² ± 0,002 mg/cm²
Outils à haute fréquence	Rond, forme spéciale	K05, K10	Outils haute fréquence (tels que fraises à substrat 5G, fraises à graver sur verre), traitement de la céramique, du PTFE et du saphir. Exemple : fraisage de cartes haute fréquence 5G (perte de signal < 0,02 dB/cm ± 0,005 dB/cm).	Conductivité : <1 μΩ·m±0,1 μΩ·m Rondeur des bords : <0,001 ±0,0002 Dureté : HV 1800 - 2100±50
Composants d'équipements énergétiques	Rectangulaire, rond	K20, WCNi	Buses de forage pétrolier, joints résistants à l'usure pour centrales nucléaires, supportant des pressions et des températures élevées (> 100 MPa ± 5 MPa, > 1 000 °C ± 10 °C). Exemple : buse de forage (durée de vie > 500 heures ± 50 heures).	Résistance à la température : >1000°C±10°C< br >Résistance à la compression : >6000 MPa±100 MPa< br >Taux de corrosion : <0,02 an±0,005/an
pièces aérospatiales	Forme spéciale, ronde	YU12, K05	Joints résistants à l'usure pour moteurs d'avion, outillage composite, usinage de fibres de carbone et d'alliages de titane. Exemple : usinage de plaques de fibres de carbone (rugosité de surface Ra<0,2 μm±0,01 μm).	Ténacité : K_{Ic} 1012 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5 Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C Précision des bords : < 0,002 ± 0,0005
Outils miniers	Rectangle, trapèze	K20, K30	Têtes de forage de tunneliers, chemises de concasseur, concassage de roches dures (Mohs 68±0,5). Exemple : Têtes de forage de tunneliers (vitesse de forage > 1 m/h±0,1 m/h).	Résistance aux chocs : >200 J±10 JDureté : HV 1400 - 1800±50Taux d'usure : <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m

Utilisation et caractéristiques des plaques en carbure cémenté

Ébauches d'outils de coupe (45%±5%)

Les plaques rectangulaires/circulaires sont transformées en fraises et forets (YL10.2, K05) destinés à être utilisés dans les machines (découpe de l'acier), l'électronique (perçage de PCB) et l'aviation (traitement des alliages de titane), avec une précision de coupe de < 0,002 mm ± 0,0005 mm.

Pièces résistantes à l'usure (25%±3%)

Les plaques K05/K10 sont utilisées dans l'exploitation minière (revêtements de concasseur) et l'électronique (moules de moulage), avec une durée de vie de >10 ^{6} fois ±10 ^{5} fois et un taux d'usure de <0,03 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m.

Pièces moulées (15% ± 2%)

Les plaques trapézoïdales spéciales YU12 sont utilisées pour la fabrication d'automobiles (outils de frappe à froid) et de téléphones portables (outils de boîtier). Elles résistent aux températures élevées

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(> 900 °C ± 10 °C) et présentent une tolérance inférieure à 0,01 mm.

Revêtement résistant à la corrosion (5%±1%)

K10/ WCNi sont utilisées dans l'industrie chimique (cuves de galvanoplastie) et l'énergie (environnements acides), avec un taux de corrosion < 0,01 mm/an ± 0,002 mm/an.

Outils à haute fréquence (5% ± 1%)

Traitement de plaque ronde K05 substrat 5G, outil en saphir, rondeur du tranchant < 0,001 mm ± 0,0002 mm.

Énergie/Aviation/Mines (5%±1%)

Les plaques K20/YU12 sont utilisées pour les buses de forage, les joints de moteur et les têtes de coupe de tunnel, avec une résistance aux chocs de > 200 J ± 10 J.

Distribution industrielle de plaques en carbure cémenté

Fabrication mécanique : outils de coupe, pièces résistantes à l'usure (50%±5%), telles que fraises en acier et rails de guidage.
Aérospatiale : outils de haute précision, joints résistants à l'usure (15%±2%), tels que le traitement de la fibre de carbone.
Énergie : Buses, chemises (10%±2%), comme pour le forage pétrolier.
Exploitation minière : tête de coupe, chemise (10 % ± 2 %), comme le concassage de roches dures.
Electronique : Micro-perçage de flans, formage de moules (10%±2%), tels que substrats HDI.
Industrie automobile/chimique : Moules , plaques de revêtement (5%±1%), telles que le formage de boulons et les réservoirs de galvanoplastie.

Les formes des plaques en carbure cémenté comprennent des plaques rectangulaires (50 - 400×20 - 200×1 - 30 mm±0,1 mm), des plaques carrées (longueur de côté 10 - 150 mm±0,1 mm), des plaques circulaires (diamètre 10 - 300 mm±0,1 mm), des plaques trapézoïdales (base supérieure 10 - 60 mm, base inférieure 20 - 100 mm±0,1 mm) et des plaques de forme spéciale (taille maximale 10 - 300 mm±0,1 mm), avec une rugosité de surface Ra<0,10,2 μm±0,01 μm .

Français Les utilisations des plaques en carbure cémenté comprennent les ébauches d'outils de coupe (45 % ± 5 %), les pièces résistantes à l'usure (25 % ± 3 %), les pièces de moule (15 % ± 2 %), les revêtements résistants à la corrosion (5 % ± 1 %), les outils haute fréquence (5 % ± 1 %), les pièces pour l'énergie/l'aviation/l'exploitation minière (5 % ± 1 %) et sont utilisées dans la fabrication de machines (découpe de l'acier), l'aérospatiale (traitement des alliages de titane), l'énergie (buses de forage), l'exploitation minière (revêtements de concassage), l'électronique (perçage de substrats), l'automobile (moules à boulons) et la chimie (revêtements de galvanoplastie). Les nuances telles que YL10.2, K05, K10, YU12 et K20 répondent aux exigences de haute précision (déviation des bords < 0,002 mm ± 0,0005 mm) et de haute résistance à l'usure (durée de vie > 10^6 fois ± 10^5 fois), et sont largement utilisées dans toutes les industries.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

Application complète du carbure cémenté en paillettes, en plaques et en blocs

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
Coupe	Tournant lame	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la température : > 800 °C ± 10 °C, Ténacité : K_{1c} > 10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5	WC10Co, TiN , AlTiN	Tournage de vilebrequins et d'engrenages (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm)
	Fraisage lame	lame	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Coefficient de frottement : <0,4±0,05, Durée de vie : >5000 m±500 m	WC8Co, AlTiN , DLC	Fraisage d'alliage de titane, acier à matrice (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Forage lame	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2	WC10Co, TiAlN	Perçage de matériaux composites, plaques d'acier (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Sciage lame	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Amplitude de vibration : <0,1 mm±0,01 mm, Résistance à la température : >600°C±10°C	WC6Co, CrN , TiN	Découpe de tubes métalliques, bois (vitesse > 10 m/min ± 1 m/min)
	Inserts de filetage	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10^4 pièces±10^3 pièces	WC10Co, TiCN	Traitement des boulons et des joints (écart de pas < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Lames de rabotage	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 5000 m± 500 m	WC8Co, TiN	Rabotage de rails et de planches de bois (planéité < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Lames de micro-usinage	lame	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,2±0,01	WC6Co, DLC	Usinage de micro-trous, pièces de précision (écart d'ouverture < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
Fabrication de moules	Lames de matrices d'emboutissage	lame	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Force de démoulage : < 10 N± 1 N	WC10Ni, CrN , DLC	Estampage de coques de téléphones portables, portières de voitures (durée de vie > 10^6 fois ± 10^5 fois)
	Feuille d'étirage	feuille	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1	WC8TiC10Ni, WC/C	Canettes en aluminium étirées, tubes en cuivre (écart d'épaisseur de paroi < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Plaque de moulage de formage de poudre	plaque	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10^6 fois±10^5 fois	WC10Co, TiC , CrN /DLC	Matériaux magnétiques pressés, céramiques (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm)
	Blocs de matrices	morceau	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance aux chocs : >120 J±10 J,	WC12Co, TiB_2	Vis à frappe à froid, rivets

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	de frappe à froid		Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m		(force de formage < 500 kN ± 10 kN)
	Feuille d'extrusion	feuille	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Résistance à la température : >600°C±10°C	WC10Co, DLC	Profilés en aluminium extrudé, tubes en plastique (écart < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Plaque de matrice de forgeage	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC12Co, TiC	Engrenages et arbres forgés (durée de vie > 10 ⁵ pièces ± 10 ⁴ pièces)
Pièces résistantes à l'usure	Doublure résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,1 mg/ cm²	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Revêtement de pompe, goulotte de transport (durée de vie > 2 ans ± 0,2 an)
	Lame coulissante	lame	Dureté : HV 1000 - 2000±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Adhérence : <1 N±0,1 N	WC5MoS_2 , DLC, WC/C	Couteaux de machines textiles, couteaux de machines d'emballage (Ra<0,05 μm±0,01 μm)
	Feuille de buse	feuille	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'érosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²	WC8 Co , Al_2O_3	Buses pour pétrole et gaz, buses de sablage (durée de vie > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
	Coussinets résistants à l'usure	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	WC10Co, TiC	Plaquettes de concasseur, sièges d'engrenages d'excavatrice (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h)
	Bandes de guidage résistantes à l'usure	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	WC10Ni, CrN	Guides de bande transporteuse, revêtements de broyeur (résistance <10 N ± 1 N)
	Plaque d'étanchéité	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Taux de fuite : <10 ⁻⁶ Pa·m ³ /s ± 10 ⁻⁷ Pa·m ³ /s	WC10Co, CrN	Joints de pompe haute pression, joints hydrauliques (durée de vie > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
Industrie électronique	Lames de coupe de précision	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Précision : <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC, TiN	Découpe de circuits imprimés et de plaquettes (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Feuille conductrice	feuille	Résistivité : <12 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm , Résistance de contact : <0,1 mΩ±0,01 mΩ , Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC10Ni, PVDCrN	Moule de batterie, substrat de contact (efficacité > 99 % ± 1 %)
	Carton moulé pour emballage	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Précision : < 0,005 mm	WC10Co, CrN /DLC	Conditionnement de semi-conducteurs (cycle <1 s±0,1 s,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	de chips				durée de vie >10 ⁶ fois)
	Lames de cadre en plomb	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : < 0,005 mm±0,001 mm, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m	WC8Co, TiN	Cadre de plomb d'estampage (écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Lames de coupe pour fibre optique	lame	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : <0,001 mm±0,0002 mm, Coefficient de frottement : <0,15±0,01	WC6Co, DLC	Coupe de la face d'extrémité de la fibre (Ra<0,02 μm±0,005 μm)
Aérospatial	Lames composites	lame	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Découpe de fibre de carbone, fibre de verre (force de coupe <10 N ± 1 N)
	Doublure résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Durée de vie en fatigue : >10 ⁶ fois ±10 ⁵ fois, Densité : <12 g/cm³ ± 0,1 g/cm³	Gradient WCCo , CrN	Joints d'aubes de turbine, garnitures d'allègement (service > 10 ans ± 1 an)
	Blocs de support structurels	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la compression : >2000 MPa±50 MPa, Durée de vie en fatigue : >10 ⁶ fois	WC12Co, TiC	Supports d'engins spatiaux, blocs de fixation de moteurs (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
	Coussin résistant à la chaleur	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la température : >1000°C±10°C, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm²	WC10 Co , Al_2O_3	Revêtement de tuyère de fusée, plaque de chambre de combustion (service > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
	Plaque de moulage de pièces satellites	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC10Co, CrN /DLC	Moulage de coque de satellite (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
Énergie et produits chimiques	Feuille d'étanchéité de soupape	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Résistance à la pression : > 100 MPa	WC10TiC10Ni, CrN , DLC	Vannes d'huile, chemises de réacteur (taux de fuite <10 ⁻⁶ Pa·m³ / s ± 10 ⁻⁷ Pa·m³ / s)
	Lame résistante à la corrosion	lame	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	WC8TiC10Ni , Al_2O_3	Découpe de canalisations d'eau de mer, matières premières chimiques (service > 5 ans ± 0,5 an)
	Doublure résistante à l'usure	morceau	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'érosion : perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Résistance à la température : > 500°C	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Séparateur de sables bitumineux, revêtement de gazéificateur de charbon (durée de vie > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
	Plaque porteuse	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Porosité : 10%20%±1%, Résistance à	WCCo poreux , Al_2O_3	Réacteur catalytique chimique

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	de catalyseur		la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm²		porteur (service > 2 ans ± 0,2 an)
	Lame de réparation de tuyaux	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1	WC10Co, CrN	Meulage de la paroi intérieure des oléoducs et gazoducs (précision < 0,05 mm ± 0,01 mm)
Menuiserie et exploitation minière	Lames de scie à bois	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >5000 m±500 m	WC6Co, TiN , CrN	Découpe de bois dur, contreplaqué (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Lames minières	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m	WC10Co, TiC , TiB_2	de fraiseuse , concassage de roches (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures)
	Plaques d'usure minières	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance aux chocs : > 100 J	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Revêtement du concasseur, goulotte de traitement du minerai (service > 2 ans ± 0,2 an)
	Blocs de forage de roche	morceau	dureté : HV 2000 - 3000±50, résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, résistance à la fatigue : >10^5 fois±10^4 fois	WC10Co, TiB_2	Base de foret à roche, support de foret (fréquence d'impact > 2000 Hz ± 100 Hz)
	Lame de traitement du minerai	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,1 mg/ cm²	WC10Co, CrN	Couteaux de tri de minerai, couteaux de machine de flottation (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures)
Industrie de transformation du bambou et du bois	Lames de coupe pour bois de bambou	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >5000 m±500 m, Précision : <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, TiN , CrN	Découpe de planches de bambou et de parquets en bois (Ra<0,8 μm±0,01 μm , écart de coupe<0,005 mm±0,001 mm)
	Lames de sculpture sur bois de bambou	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : < 0,005 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : < 0,15±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m	WC8Co, DLC	Sculpture sur bambou, sculpture sur bois (précision < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Lame de rabotage en bois de bambou	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 5000 m± 500 m, Planéité : < 0,02 mm± 0,005 mm	WC6Co, TiN	Rabotage de bandes de bambou et de poutres en bois (planéité de surface Ra<0,5 μm±0,01 μm)
	Lames de perçage pour bois de bambou	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10^4 trous±10^3 trous	WC10Co, TiAlN	Perçage de meubles en bambou et de structures en bois (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ±

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn
电话/TEL：0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
					0,01 mm)
	Placage découpé en bois de bambou	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 10^6 fois ± 10^5 fois, Précision : < 0,01 mm ± 0,001 mm	WC10Ni, CrN	Emballage en bambou découpé, modèles en bois (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
Médical	lames chirurgicales	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Compatibilité : >95%±2%	WC6Co, DLC	Couteaux orthopédiques, couteaux ophtalmiques (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm)
	Feuille d'implant	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Compatibilité : > 95 % ± 2 %	WCCo poreux , TiN	Plaques osseuses, espaceurs articulaires (en service > 10 ans ± 1 an)
	Bloc d'outils dentaires	morceau	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Précision : < 0,01 mm	WC8 Co , Al_2O_3	Base de forage, moule orthodontique (vitesse de rotation > 10^5 tr/min ± 10^4 tr/min)
	Lames de coupe médicales	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Précision : <0,005 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC	Découpe de gaze médicale et de cathéters (écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Plaque de moulage pour réparation osseuse	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Durée de vie : > 10^6 fois ± 10^5 fois	WC10Co, TiN	Moulage de plaque de réparation osseuse (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm)
Automobile	Lame d'estampage	lame	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 10^6 fois ± 10^5 fois	WC10Ni, CrN , DLC	Emboutissage de portes et de capots (écart < 0,1 mm ± 0,01 mm)
	Dispositif de soudage pour plaque mince	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la température : >600°C±10°C, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2	WC10Co, TiN	Dispositifs de soudage par points, plots de soudage laser (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures)
	Blocs d'usure du moteur	morceau	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm^3 / N · m	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Siège de soupape, chemise de vilebrequin (durée de vie > 10^6 km ± 10^5 km)
	Plaque de moulage de plaquette de frein	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10^6 fois±10^5 fois	WC10Co, TiC	Pressage des plaquettes de frein et des plaquettes d'embrayage (précision < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Lame de	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm,	WC8Co, CrN	Gravure du motif du pneu (écart

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	moulage de pneu		Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois		< 0,005 mm ± 0,001 mm)
architecture	Lames de coupe	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >5000 m±500 m	WC6Co, TiN , CrN	Découpe de béton, pierre (profondeur > 50 mm ± 5 mm)
	Doublure résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance aux chocs : > 100 J	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Revêtement de mélangeur, lame de bulldozer (service > 2 ans ± 0,2 an)
	Coussinets de soutien	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm²	WC12Co, TiC	Appareils d'appui de pont, patins de grue à tour (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
	Lames de forage de fondations	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m	WC10Co, TiB_2	Lames de foreuse rotative, forets pour fondations sur pieux (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h)
	Lames de forage de tunnel	lame	Dureté : HV 200 - 03000±50, Résistance aux chocs : >200 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m	WC12Co, TiC	Lames de machine à bouclier, excavation de métro (durée de vie > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
Machines générales	Lame de cisaillement	lame	Dureté : HV 20003 - 000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Précision : < 0,01 mm	WC10Co, DLC, TiN	Tôle d'acier de cisaillement, film plastique (Ra<0,05 µm±0,01 µm)
	Plaque de guidage résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	WC10Ni, CrN , WC/C	Guides de bande transporteuse, rails de guidage de machine d'emballage (résistance <10 N ± 1 N)
	Bloc de base mécanique	morceau	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la compression : >2000 MPa±50 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois	WC12Co, TiB_2	Base de machine-outil, patin de presse hydraulique (amplitude de vibration < 0,1 mm ± 0,01 mm)
	Tampon de compresseur	plaque	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm²	WC10Co, CrN	Plaquettes de compresseur d'air, garnitures de corps de pompe (service > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
	Lame de machine d'emballage	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Précision : <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC	Couteau de découpe et de scellage de film d'emballage (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
Chemin de fer et transport ferroviaire	Lames de meulage de rails	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 5000 m± 500 m	WC10Co, AlTiN	Rectification de rails à grande vitesse (planéité < 0,01 mm ± 0,001 mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	Lames d'usinage de roues	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Résistance à la température : >800°C±10°C	WC8Co, TiN	Roues de chemin de fer tournantes (écart de circularité < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Doublure résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance aux chocs : > 100 J	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Revêtement de bogie, plaque de roulement (service > 5 ans ± 0,5 an)
	Plaquettes de frein	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la température : >600°C±10°C	WC12Co, TiC	Base de frein pour train à grande vitesse, bloc tampon (coefficient de frottement < 0,3 ± 0,05)
	Lame de dressage de piquets	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Précision : < 0,01 mm	WC10Co, CrN	Réparation des aiguillages ferroviaires (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
Construction navale	Usinage de pales d'hélices	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1	WC10Co, AlTiN , CrN	Fraisage d'hélice en alliage de cuivre (précision < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Revêtement résistant à la corrosion	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Durée de vie : > 5 ans ± 0,5 an	WC10TiC10Ni, DLC	Revêtement de pompe de cabine, joint de vanne d'eau de mer (service > 10^4 heures ± 10^3 heures)
	Blocs d'usure de pont	morceau	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Base de grue de pont, patin de chaîne d'ancre (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h)
	Lame de réparation de coque	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1	WC10Co, CrN	Rectification de tôles d'acier de coque (précision < 0,05 mm ± 0,01 mm)
machines agricoles	Lames de travail du sol	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm^3 / N · m	WC10Co, TiC , CrN	Lame de fraise rotative, lame de récolteuse (profondeur de travail> 30 cm ± 5 cm)
	Doublure résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 2 ans ± 0,2 an	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Plaque de guidage du semoir, revêtement du moulin à grains (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures)
	Plaquette de transmission	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10^6 fois±10^5 fois	WC12Co, TiB_2	Plaquettes de boîte de vitesses de tracteur, bases de moissonneuse (amplitude de vibration < 0,1 mm ± 0,01 mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	Lame de battage	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 10^4 heures	WC10Co, CrN	Couteau de battage de maïs, couteau de récolte de riz (efficacité > 95 % ± 2 %)
Transformation des aliments	Lames de coupe pour aliments	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Compatibilité : >95%±2%	WC6Co, DLC	Couperet à viande, coupe-légumes (Ra<0,05 μm±0,01 μm)
	Plaque de guidage résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Durée de vie : > 10^4 heures	WC10Co, CrN	Guides de bande transporteuse, revêtements de machines de mise en conserve (entretien > 2 ans ± 0,2 an)
	Tampon d'agitation	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2	WC12 Co , Al_2O_3	Base de mixeur, tampon de broyage (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h)
	Lame de scellage d'emballage	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Précision : <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC	Scellage des emballages alimentaires (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
Textile et impression	Lame de coupe	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Précision : <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC, TiN	Découpe de tissu et de papier (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Feuille de moule d'impression	feuille	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 10^6 fois	WC10Co, CrN	Moules d'impression en héliogravure, plaques de découpe d'étiquettes (précision < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Bloc guide-fil	morceau	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >10^4 heures±10^3 heures	WC10Ni, WC/C	Bloc de guidage de fil pour machine à filer, patin de métier à tisser (résistance < 5 N ± 1 N)
	Lame de découpe	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10^6 fois±10^5 fois	WC8Co, DLC	Découpe d'étiquettes, découpe de papier d'emballage (écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
Équipements énergétiques	Pales d'éoliennes	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1	WC10Co, AlTiN , CrN	Découpe de pales d'éoliennes (précision < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Plaque d'usure pour centrale nucléaire	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Durée de vie : > 10 ans ± 1 an	WC10TiC10Ni , Al_2O_3	Revêtements de pompes de réacteurs nucléaires, plaques de refroidissement de tuyaux (service > 10^4 heures ± 10^3 heures)
	Bloc de support	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150	WC12Co, TiC	Base d'éolienne, joint de vanne

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	de turbine		MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois		d'énergie nucléaire (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
	Lame de plaquette solaire	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC6Co, DLC	Découpe de plaquettes de silicium (écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
Exploration géologique	Lames de forage	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm^3 / N · m	WC10Co, TiB_2 , Tic	Trépans de forage pétrolier, outils de forage géologique (vitesse de forage >1 m/h±0,1 m/h)
	Doublure résistante à l'usure	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 10 ⁴ heures	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Plaque de guidage de forage, chemise de pompe à boue (service > 2 ans ± 0,2 an)
	Bloc d'échantillonnage	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2	WC10Co, CrN	Base d'échantillonneur géologique, porte-carotte (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h)
	Plateforme de détection de tremblement de terre	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	WC10Co, TiC	Substrat du capteur sismographe (amplitude de vibration < 0,01 mm ± 0,001 mm)
Sports et divertissements	Lames de snowboard	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,05 mg/cm^2	WC6Co, DLC	Lames de carres de snowboard, patins à glace (résistance <10 N ± 1 N)
	Feuille résistante à l'usure	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 2 ans ± 0,2 an	WC10Co, CrN	Guides de chaîne de vélo, patins d'équipement de fitness (durée de vie > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
	Coussinets de soutien	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC12Co, TiC	Plaquettes de châssis de course, base d'accessoires de yacht (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
	Lame résistante à l'usure pour matériel de pêche	lame	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Durée de vie : > 2 ans ± 0,2 ans	WC6Co, CrN	Couteau coupe-fil de pêche, couteau à aiguiser les hameçons (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm)
Art et Décoration	Lame de gravure	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,2±0,01	WC6Co, DLC, TiN	Sculpture d'ornements en jade et en métal (précision < 0,005 mm ± 0,001 mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	Feuille décorative	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Surface : Ra<0,05 μm	WC10Ni, CrN	Panneaux de décoration pour bâtiments, supports de sculpture (durée de vie > 10 ans ± 1 an)
	Entretoises de moule	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC10Co, TiC	Moules artisanaux en céramique, bases de gravure sur verre (précision < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Lames de coupe pour bijoux	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,15±0,01	WC6Co, DLC	Taille de diamants, bijoux en or (écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
militaire	Lames d'usinage d'armure	lame	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Fraisage de plaques de blindage de chars, plaques d'acier de véhicules blindés (précision < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Plaque de moulage pour la formation de balles	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC10Co, TiC , CrN	Obus d'artillerie supprimés, ogives de missiles (écart < 0,01 mm ± 0,001 mm)
	Revêtement d'usure du canon	plaque	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 800 °C ± 10 °C	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	de fusils et de mitrailleuses (durée de vie > 10 ⁴ coups ± 10 ³ coups)
	Lames de coupe de munitions	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : < 0,01 mm±0,001 mm, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,1 mg/cm²	WC10Co, CrN , DLC	Découpe de douilles et de mèches de munitions (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Plaquettes d'usure pour missiles	morceau	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >200 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC12Co, TiC	Plateformes de lancement de missiles, bases de moteurs (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
	Revêtement en plaque pare-balles	plaque	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance aux chocs : >200 J±10 J, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm²	WC10 Co , Al_2O_3	Doublure de gilet pare-balles, plaque de protection de véhicule blindé (en service > 10 ans ± 1 an)
	Lames de forage militaires	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m	WC10Co, TiB_2	Perçage d'acier blindé et de matériaux composites (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	Tôle résistante à la corrosion pour navires de guerre	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Durée de vie : > 5 ans ± 0,5 an	WC10TiC10Ni, CrN , DLC	Revêtement de vanne de pompe de navire de guerre, joint de conduite d'eau de mer (service > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
	Lames de réparation d'artillerie	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 800 °C ± 10 °C	WC10Co, AlTiN	Rectification de l'alésage intérieur des armes à feu (précision < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Sabre en carbure	lame	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Tranchant : <0,01 mm±0,001 mm	WC8Co, DLC, TiN	Couteau de campagne, poignard des forces spéciales (force de coupe < 20 N ± 2 N, durée de vie > 10 ⁴ fois ± 10 ³ fois)
	Insert de gilet pare-balles à faible densité	feuille	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Densité : <8 g/cm³ ± 0,1 g/ cm³ , Résistance aux chocs : >300 J±20 J, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,05 mg/ cm²	Gradient WCCoTi , Al_2O_3 , CrN	Inserts de gilet pare-balles, armure légère (niveau de protection NIJ IV, service > 10 ans ± 1 an)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD Plaque en carbure cémenté

CTIA GROUP LTD vous propose des plaques en carbure cémenté hautes performances pour répondre aux divers besoins des secteurs de la fabrication de machines, de l'aérospatiale, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie et autres. Nos plaques sont reconnues pour leur dureté élevée (HV 1600-2100 ± 50), leur excellente résistance à l'usure (taux d'usure < 0,03 à 0,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$) et leur résistance mécanique élevée (> 4 000 MPa ± 50). Grâce à une technologie de pointe et à des services personnalisés, nous vous aidons à ouvrir un nouveau chapitre de la fabrication intelligente !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations sur l'industrie et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696
E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com
Compte public WeChat : " **China Tungsten Online** "

La forme des plaques de carbure de tungstène chinois

Type de forme	Description des caractéristiques géométriques (mm)	Dimensions typiques (mm)
Assiette rectangulaire	Plan rectangulaire, quatre angles droits, surface plane (Ra<0,2 μm±0,01 μm), chanfreinage des bords (R0,20,5±0,05). Aspect gris argenté, bords lisses, facile à couper.	Longueur : 50 - 400 ± 0,1 Largeur : 20 - 200 ± 0,1 Épaisseur : 1 - 30 ± 0,05
Assiette carrée	Plan carré, côtés égaux, surface polie miroir (Ra<0,10,2 μm±0,01 μm), quatre coins légèrement arrondis (R0,10,3 ±0,05). Aspect argenté, taille uniforme.	Longueur du côté : 10 - 150 ±0,1 Épaisseur : 1 - 15 ±0,05
Assiette ronde	Surface plane ronde, trou de positionnement central optionnel (diamètre 0,510 ± 0,01), chanfrein de bord (45° ± 1°, largeur 0,20,5 ± 0,05). Disque gris argenté, adapté aux outils rotatifs.	Diamètre : 10 - 300 ± 0,1 Épaisseur : 1 - 20 ± 0,05
plaque trapézoïdale	Section trapézoïdale, base supérieure courte, base inférieure longue, côté incliné (angle 5°-30°±1°), surface lisse. Tôle trapézoïdale argentée, biseau clair, adaptée aux moules sur mesure.	Base supérieure : 10 - 60 ± 0,1 Base inférieure : 20 - 100 ± 0,1 Hauteur : 10 - 60 ± 0,1 Épaisseur : 2 - 15 ± 0,05
Plaque de forme spéciale	Formes irrégulières, telles que polygones (pentagones, hexagones), encoches (R15 ± 0,1), arêtes d'arc (R520 ± 0,1). Plaques irrégulières en argent pour répondre à des exigences particulières.	Taille maximale : 10 - 300 ±0,1 Épaisseur : 1 - 30 ±0,05

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Avantages des plaques en carbure cémenté CTIA GROUP LTD

Plaques rectangulaires/carrées : très polyvalentes, faciles à transformer en ébauches d'outils et pièces de moules, avec une tolérance de ±0,1 mm.

Plaque ronde : adaptée aux outils rotatifs (tels que les fraises, les forets), le trou central est pratique pour le serrage.

Plaques trapézoïdales/de forme spéciale : supportent une personnalisation complexe et une haute précision (écart < 0,01 mm).

Aspect : Gris argenté, poli miroir (Ra<0,10,2 μm±0,01 μm), revêtement DLC, TiN , AlTiN en option (noir, or, gris foncé).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Présentation des tiges en carbure cémenté de CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD vous propose des tiges en carbure cémenté hautes performances pour répondre aux exigences rigoureuses des secteurs de la fabrication de machines, de l'aérospatiale, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie et d'autres industries. Nos tiges sont reconnues pour leur grande dureté, leur résistance à l'usure et leur grande robustesse. Grâce à une technologie de pointe et à des services de personnalisation précis, nous vous aidons à ouvrir un nouveau chapitre de la fabrication intelligente !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

Caractéristiques géométriques et dimensions typiques des formes courantes de tiges en carbure cémenté

Type de forme	Description des caractéristiques géométriques (mm)	Dimensions typiques (mm)
tige ronde Tige ronde solide	Cylindrique massif, surface polie (Ra<0,2 μm±0,01 μm), extrémité plane ou chanfreinée (R0,20,5±0,05). Aspect gris argenté, rectitude <0,05/±0,01, convient à l'usinage de haute précision.	Diamètre : 0,150 ± 0,01 Longueur : 5 - 500 ± 0,5
Tige avec trous Tige de trou de liquide de refroidissement	Cylindrique, à trous simples ou doubles (ouverture 0,35±0,01, angle d'hélice 0° ou 30°±1°), surface lisse (Ra<0,2 μm±0,01 μm). Tige en argent, pores uniformes, flux de liquide de refroidissement optimisé.	Diamètre : 340±0,01 Longueur : 50400±0,5 Ouverture : 0,35±0,01
Tige fine Micro tige	Forme cylindrique ultra-mince, surface polie miroir (Ra<0,1 μm±0,01 μm), diamètre uniforme (tolérance h5/h6). Tige fine gris argenté, rapport d'élancement jusqu'à 100:1, adaptée aux micro-outils.	Diamètre : 0,13±0,005 Longueur : 5 - 150±0,3
Tige d'échelle Tige étagée	Cylindrique, avec de multiples variations de diamètre (section de transition R0,52±0,1), surface lisse. Corps de tige argenté étagé, pour répondre aux besoins des ébauches d'outils complexes.	Diamètre : 2 - 40 ± 0,01 (par segment) Longueur : 20 - 300 ± 0,5
Tiges de forme spéciale Tige de forme personnalisée	Section transversale non circulaire (carrée, hexagonale, etc.) ou avec fente (largeur de fente : 0,55 ± 0,1), rainure de clavette (R13 ± 0,1). Tiges argentées de forme spéciale, hautement personnalisables, pour répondre à des besoins spécifiques.	Section maximale : 250±0,1 Longueur : 10 - 400±0,5

Liste des utilisations des tiges en carbure cémenté

utiliser	Forme applicable	Marque	Applications spécifiques	Exigences de performance
Coupe outil	tige ronde Tige avec trous	YL10.2, K10, K05	Forets, fraises, alésoirs, outils de tournage, pour la coupe de l'acier, de l'alliage d'aluminium, de l'alliage de titane, des substrats PCB et des matériaux composites.	Dureté : HV 16002100±50 Précision des bords : <0,002 mm±0,0005 mm Taux d'usure : <0,03 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 /N · m

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Moule de précision Outil vierge	Tiges rondes, tiges étagées, tiges de forme spéciale	YU12, K05, YL10.2	Fabriquer des poinçons, des matrices d'emboutissage, des ébauches de matrices de frappe à froid et produire des boulons automobiles, des connecteurs électroniques et des fixations pour l'aviation.	Résistance à la flexion : > 4200 MPa ± 50 Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C Écart de dimension : < 0,01 mm
Résistant à l'usure Composant	Tige ronde, Tige avec trous	K05, K10, K20	Transformé en manchons, bagues d'étanchéité, buses et utilisé dans les machines de moulage par injection, les pompes et vannes, ainsi que dans les équipements miniers. Exemple : buses de forage minier (> 500 heures ± 50 heures).	Taux d'usure : < 0,03 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 /N · mRésistance à la compression : > 6 000 ± 100 MPa Rugosité de surface : Ra < 0,1 ± 0,01 µm
Micro électronique Outil de saisie de texte	Tige fine	K05, K10	Micro-foret PCB (0,051,0±0,005 mm), couteau de gravure, traitement de substrat HDI, céramique, saphir. (Durée de vie>10 ^{5} trous±10 ^{4} trous).	Dureté : HV 18002100±50Précision du diamètre : <0,005 mm±0,001 mmCoupe arrondi des bords : <0,001 mm±0,0002 mm
énergie Forage	Tiges rondes, tiges avec trous	K20, WCNi	Les trépans et buses de forage pétrolier sont soumis à une pression et une température élevées (> 100 MPa ± 5 MPa, > 1 000 °C ± 10 °C).	Résistance à la température : >1000°C±10°C Résistance aux chocs : >200 J±10 J Taux de corrosion : <0,02 mm/an±0,005 mm/an
aviation aérospatial	Tige d'échelle Tiges de forme spéciale	YU12, K05	Transformation en arbres résistants à l'usure, ébauches d'outils, découpe de fibres de carbone et d'alliages de titane. Exemple : perçage de plaques en fibre de carbone (rugosité Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm).	Ténacité : K_{Ic} 1012 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5 Résistance à la température : >900°C±10°C
exploitation minière outil	tige ronde Tiges de forme spéciale	K20, K30	Fabrication de têtes de forage et d'outils de forage de roches pour briser les roches dures, telles que des têtes de fraisage pour tunneliers (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h).	Résistance aux chocs : >200 J±10 J Dureté : HV 1400 - 1800±50

10.6.2.2 Tiges en carbure cémenté/carbure cémenté cylindrique (forets, fraises)

10.6.2.2.1 Caractéristiques des tiges en carbure cémenté/carbure cémenté cylindrique

Spécifications communes : diamètre 250 mm, longueur 330 mm

Tige/cylindre en carbure cémenté Principe de base du carbure cémenté

La tige/cylindre en carbure cémenté (diamètre 250 mm±0,01 mm, longueur 50 - 330 mm ± 0,1 mm) est produite par extrusion (pression 50 - 100 MPa±1 MPa) et frittage (1450°C±10°C), avec une rugosité de surface Ra<0,5 µm±0,01 µm . Elle peut répondre aux besoins de perçage de trous profonds (profondeur>100 mm±1 mm) et de fraisage à grande vitesse (>1500 m/min±10 m/min).

L'équipement comprend des extrudeuses (précision ± 0,01 mm) et des rectifieuses CNC (résolution < 1 µm ± 0,1 µm). Les tests portent sur la précision géométrique (ISO 1832, précision ± 0,01 mm) et la qualité de surface (ISO 4287, précision ± 0,001 µm). Par exemple, un foret YG6 a un diamètre

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de 10 mm ± 0,01 mm et une longueur de 150 mm ± 0,1 mm.

Analyse du mécanisme de la tige en carbure cémenté/du carbure cémenté cylindrique

Français La forme cylindrique (diamètre 250 mm ± 0,01 mm) assure la rigidité (module d'élasticité > 500 GPa ± 10 GPa), et le rapport d'aspect (< 150:1 ± 5:1) réduit les vibrations (amplitude < 0,01 mm ± 0,001 mm). Après frittage, la granulométrie est de 0,52 µm ± 0,01 µm , et la dureté est de HV 1800 ± 30. Le MEB montre qu'il n'y a pas de fissures en surface (< 1 µm ± 0,1 µm), et les grains sont uniformes (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests géométriques montrent qu'une précision < 0,01 mm ± 0,001 mm est meilleure qu'une géométrie complexe (< 0,1 mm ± 0,01 mm).

tige en carbure/carbure cylindrique

Diamètre : 1020 mm±0,01 mm, bonne rigidité ; <2 mm±0,01 mm, le taux de fracture augmente de 10 %±2 %.

Longueur : < 200 mm ± 0,1 mm, haute stabilité ; > 300 mm ± 0,1 mm, vibrations augmentées de 15 % ± 3 %.

Taille des grains : 0,52 µm±0,01 µm , haute résistance ; > 5 µm±0,01 µm , la résistance diminue de 10 %±2 %.

Température de frittage : 1450°C±10°C, structure uniforme ; >1500°C±10°C, croissance des grains 10%±2%.

Précision de meulage : <1 µm±0,1 µm , bonne qualité de surface ; >5 µm±0,1 µm , le taux d'usure augmente de 10 %±2 %.

Par exemple, la vibration du foret YG6 (longueur 350 mm ± 0,1 mm) est passée à 0,02 mm ± 0,001 mm.

Les tiges en carbure cémenté/cylindriques

doivent avoir un diamètre de 250 mm ± 0,01 mm et une longueur inférieure à 300 mm ± 0,1 mm. Il est recommandé de :

Optimisation de l'extrusion : pression 50100 MPa±1 MPa, diamètre uniforme.

Optimisation du frittage : 1450°C±10°C, granulométrie 0,52 µm±0,01 µm .

Optimisation du meulage : précision <1 µm±0,1 µm , Ra<0,5 µm±0,01 µm .

Co-optimisation : 6%10%±1%, améliore la ténacité.

Spécifications d'essai : ISO 1832 (géométrie), ISO 4287 (surface).

Par exemple, la précision d'un foret YG6 (diamètre 10 mm ± 0,01 mm) est < 0,01 mm ± 0,001 mm.

10.6.2.2.2 Exigences de performance pour les tiges en carbure cémenté/carbure cémenté cylindrique

Résistance à la flexion > 4 000 MPa, ténacité $K_{1}c$ > 15 MPa·m$^{1/2}$

Principes de base et analyse technique des

tiges en carbure cémenté/carbure cémenté cylindrique Les tiges en carbure cémenté/cylindrique nécessitent une résistance à la flexion > 4 000 MPa ± 50 MPa, une ténacité K_{1} c > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, une dureté HV 1 600 ± 2 000 ± 30, adaptées au perçage de trous profonds et au fraisage à grande

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

vitesse. Grain 12 μm ± 0,01 μm , teneur en Co 8 % 12 % ± 1 %, complétée par HIP (1 400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa) pour améliorer les performances.

Les tests portent sur la résistance à la flexion (ISO 3327, précision ± 10 MPa), la ténacité (ISO 28079, précision ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$) et l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm^3/ N·m). Par exemple, la résistance à la flexion du foret YG8 est de 4 200 MPa ± 50 MPa, et le coefficient K_{1} c est de 16 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5.

Analyse des

tiges de carbure cémenté/carbure cémenté cylindrique Une teneur élevée en Co (10 % ± 1 %) forme un réseau résistant (fraction volumique > 10 % ± 1 %) avec une résistance à la flexion de 4 200 MPa ± 50 MPa. Les grains fins (12 μm ± 0,01 μm) augmentent la dureté à HV 1 800 ± 30, et le HIP réduit la porosité (< 0,1 % ± 0,01 %). Le MEB montre que les caractéristiques de ténacité à la rupture sont évidentes (fossettes < 1 μm ± 0,1 μm). L'EDS confirme la distribution du Co (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests de résistance montrent que YG8 est meilleur que YG6 (résistance à la flexion 3 800 MPa ± 50 MPa).

en carbure /carbure cylindrique

Teneur en Co : 10%±1%, excellente ténacité ; <6%±1%, K_{1}c diminue de 20%±3%.

Taille des grains : 12 μm±0,01 μm , haute résistance ; > 5 μm±0,01 μm , la résistance diminue de 15 %±3 %.

Porosité : < 0,1 % ± 0,01 %, excellentes performances ; > 0,5 % ± 0,01 %, réduction de la résistance de 10 % ± 2 %.

Pression HIP : 150 MPa±1 MPa, faible porosité ; <100 MPa±1 MPa, la porosité augmente de 10 %±2 %.

Précision de traitement : < 0,01 mm ± 0,001 mm, moins de vibrations ; > 0,1 mm ± 0,01 mm, le taux de fracture augmente de 10 % ± 2 %.

Le K_{1} c du foret YG6 (Co 6%±1%) tombe à 12 MPa·m$^{1/2}$±0,5.

Les tiges en carbure cémenté/cylindriques

doivent atteindre une résistance à la flexion supérieure à 4 000 MPa ± 50 MPa, K_{1}c > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. Il est recommandé de :

Co-optimisation : 8%12%±1%, ténacité améliorée.

Contrôle des grains : 12 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).

Optimisation HIP : 1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa.

Optimisation du meulage : précision < 0,01 mm ± 0,001 mm, réduction des contraintes.

Spécifications d'essai : ISO 3327 (résistance), ISO 28079 (ténacité).

Par exemple, la résistance à la flexion du foret YG8 (HIP, Co 10 % ± 1 %) est de 4 200 MPa ± 50 MPa.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.2.2.3 Applications des tiges/cylindres en carbure : perçage de trous profonds et fraisage à grande vitesse

Tige/cylindre en carbure cémenté Principes de base et aperçu de la technologie du carbure cémenté

Tige/cylindre en carbure cémenté Le carbure cémenté convient au perçage de trous profonds (profondeur > 100 mm ± 1 mm) et au fraisage à grande vitesse (vitesse > 1 500 m/min ± 10 m/min) en raison de sa résistance à la flexion > 4 000 MPa ± 50 MPa et de son K_{1c} > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. YG8 et YG10 sont utilisés dans l'usinage de l'aviation et de l'automobile (précision < 0,1 mm ± 0,01 mm).

Les tests portent sur les performances de perçage (ISO 1832, précision ± 0,01 mm), la durée de vie du fraisage (ISO 3685, précision ± 0,01 mm) et l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm^3/ N·m). Par exemple, la durée de vie d'un foret YG8 pour le perçage de trous profonds est de 10 heures ± 1 heure, et celle d'une fraise YG10 de 12 heures ± 1 heure.

Tige en carbure cémenté/cylindrique Analyse du mécanisme du carbure cémenté

La résistance élevée (4200 MPa±50 MPa) et la ténacité (K_{1c} 16 MPa·m$^{1/2}$±0,5) résistent au couple de perçage (>50 Nm±5 Nm) et aux vibrations de fraisage (amplitude <0,01 mm±0,001 mm). Le grain 12 μm±0,01 μm assure une dureté HV 1800±30. Le MEB montre que le foret YG8 s'use uniformément (profondeur <0,01 mm±0,001 mm). Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du YG8 est de 0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m , ce qui est meilleur que celui du YG6 (0,06 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m).

tige en carbure cémenté/cylindrique en carbure cémenté

Teneur en Co : 10 % ± 1 %, longue durée de vie ; < 6 % ± 1 %, le taux de fracture augmente de 10 % ± 2 %.

Taille des grains : 12 μm±0,01 μm , excellente résistance à l'usure ; >5 μm±0,01 μm , durée de vie réduite de 10 %±2 %.

Vitesse de traitement : > 1500 m/min ± 10 m/min, revêtement requis ; < 800 m/min ± 10 m/min, substrat applicable.

Profondeur du trou : > 100 mm ± 1 mm, haute ténacité requise ; < 50 mm ± 1 mm, dureté préférée.

Liquide de refroidissement : à base d'huile, taux d'usure réduit de 10 % ± 2 % ; à base d'eau, taux d'usure augmenté de 10 % ± 2 %.

Par exemple, la durée de vie d'un foret YG6 (non revêtu) est réduite à 8 heures ± 1 heure .

Les tiges/cylindres en carbure cémenté

doivent avoir une durée de vie supérieure à 10 heures ± 1 heure et une précision inférieure à 0,1 mm ± 0,01 mm. Il est recommandé de :

Co-optimisation : 8%12%±1%, ténacité améliorée.

Optimisation des grains : 12 μm±0,01 μm , VC ajouté (0,2 %±0,01 %).

Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 20%±3%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation du traitement : à base d'huile de refroidissement, vitesse > 1500 m/min ± 10 m/min.
Spécifications d'essai : ISO 1832 (perçage), ISO 3685 (fraisage).

Pratique d'application technique des tiges en carbure cémenté/cylindriques en carbure cémenté

Foret à trous profonds en carbure
La durée de vie du foret YG8 (résistance à la flexion 4200 MPa ± 50 MPa) est de 10 heures ± 1 heure.

Fraise à grande vitesse en carbure
Fraise YG10 (K_1 c 16 MPa·$m^{1/2}$±0,5) durée de vie 12 heures±1 heure.

Foret d'usinage aéronautique en carbure
Foret YG8 (précision < 0,1 mm ± 0,01 mm) durée de vie : 10 heures ± 1 heure.
Ces applications démontrent que les alliages de tiges répondent aux exigences de traitement à haute résistance.

10.6.2.2. 4 Application de tiges/produits cylindriques en carbure cémenté au micro-perçage de PCB (substrat informatique)

Les tiges/produits cylindriques en carbure sont largement utilisés dans le micro-perçage de PCB en raison de leur dureté élevée (HV 16002100±50), de leur grande résistance à l'usure (taux d'usure < 0,030,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m) et de leur haute précision (écart d'ouverture < 0,002 mm±0,0005 mm). Ils sont utilisés pour le perçage de cartes de circuits imprimés (PCB), en particulier de substrats informatiques (tels que les cartes mères de PC, les cartes mères de serveur, les modules GPU, les cartes haute fréquence 5G, etc.). Le micro-perçage de PCB prend en charge le traitement de trous traversants (PTH), de vias borgnes (Blind Via), de vias enterrés (Buried Via) et de micro-vias (Micro Via), répondant aux exigences d'interconnexion haute densité (HDI), multicouche (624 couches) et de haute fiabilité, et est utilisé dans les smartphones, les serveurs, l'électronique automobile, l'aérospatiale et les équipements médicaux. Cet article détaillera la marque, la taille, les performances, le processus de fabrication des micro-forets en carbure, ainsi que les paramètres de perçage, le nombre de trous et la durée de vie des micro- forets pour substrats informatiques, et analysera son application en combinaison avec des cas typiques.

Nuances et ingrédients des micro-forets pour PCB en carbure (substrat informatique)

Le micro-perçage des circuits imprimés utilise principalement du carbure cémenté à grains fins (granulométrie 0,1 à 0,8 μm ± 0,1 μm) pour un équilibre optimal entre dureté et ténacité. Les nuances et compositions courantes sont les suivantes (voir les normes ISO 513, GB/T 18376, la documentation, etc.) :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Marque	Ingrédients principaux	Taille des grains (μm)	Caractéristiques de performance	Applications typiques
YL10.2	WC10Co	0,40,8 ±0,1	Dureté : HV 1600 - 1900±50, Ténacité : K_{1c} 911 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5, Résistance à la flexion : >4000 MPa±50	Micro-perçage PCB haute précision (ouverture 0,11 mm ± 0,005 mm), perçage de substrats HDI, cartes mères de serveurs
K10	WC6	0,20,6 ±0,1	Dureté : HV 1700 - 2000±50, ténacité : K_{1c} 810 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5, taux d'usure : < 0,03 mm ^{3} /N · m ± 0,01 mm ^{3} /N · m	Micro-perceuse PCB standard (ouverture 0,10,8 mm ± 0,005 mm), perçage carte mère FR4
K05	WC4Co	0,10,5 ±0,1	Dureté : HV 1800 - 2100 ± 50, ténacité : K_{1c} 79 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5, précision : < 0,001 mm ± 0,0002 mm	Micro-perçage PCB ultra-fin (ouverture 0,050,2 mm ± 0,005 mm), perçage de cartes haute fréquence 5G, substrats céramiques
YU12	WC12Co	0,30,7 ±0,1	Dureté : HV 1600 - 1800±50, Ténacité : K_{1c} 1012 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5, Résistance à la flexion : >4200 MPa±50	Micro-perçage de circuits imprimés à grande vitesse (ouverture 0,21,0 mm ± 0,005 mm), perçage de substrats composites, substrats en PTFE

Ingrédients Caractéristiques :

WC (carbure de tungstène)

Offre une dureté élevée (Mohs 8,59 ± 0,5) et une résistance à l'usure, et la granulométrie < 1 μm ± 0,1 μm améliore la résistance.

Co (Cobalt)

Teneur 4%12%±0,5%, améliore la ténacité, empêche les fissures des bords, convient aux vitesses élevées (10^5 3,5×10^5 tr/min±10^4 tr/min).

Grain fin

La taille des grains est de 0,1 à 0,8 μm ± 0,1 μm , les microfissures sont réduites et la rugosité de la paroi du trou Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm .

Base de sélection :

K05 : Dureté ultra élevée, adaptée aux micro-trous (0,05 à 0,2 mm), tels que les cartes haute fréquence 5G.

YL10.2/K10 : Dureté et ténacité équilibrées, adaptées aux trous standard (0,11,0 mm), tels que les cartes mères FR4/HDI.

YU12 : Haute ténacité, adapté aux substrats complexes (tels que le PTFE, les matériaux composites), réduisant la fracture.

3. Spécifications du micro-foret pour PCB en carbure (substrat informatique)

Les micro-forets pour PCB utilisent principalement du carbure en forme de tige sans trou (section transversale circulaire), et les spécifications de taille sont les suivantes (reportez-vous au tableau des tiges sans trou dans l'article précédent, et la taille ultra-micro est nouvellement ajoutée, qui est conforme à la norme ISO 286) :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Morphologie	Plage de diamètres Circonférence mm	Plage de longueur Circonférence mm	tolérance	Traitement de surface	Remarque
En forme de tige Rond section	0,050,2 ±0,005	5 - 30 ± 0,3	h5	Rectification, revêtement DLC/diamant	Micro-perçage PCB ultra-fin, perçage de cartes haute fréquence 5G, micro-trous HDI, écart de diamètre de trou < 0,001 mm ± 0,0002 mm
	0,210,5 ±0,005	10 - 50 ± 0,5	h5, h6	Rectification, revêtement PVDTiN / DLC	Micro-perceuse PCB haute densité, diamètre typique 0,3 mm, perçage de cartes mères de serveur, durée de vie > 10 ^{5} trous ± 10 ^{4} trous
	0,511,0 ±0,005	20 - 100 ± 0,5	h6	Rectification, revêtement AlTiN /DLC	Micro-perceuse PCB standard, diamètre typique 0,8 mm, perçage carte mère FR4, paroi du trou Ra<0,2 µm±0,01 µm
	1.13.0 ±0,01	30 - 150 ±0,5	h6, h7	Meulage, revêtement TiN	Micro-foret PCB de grande taille, diamètre typique 2 mm, perçage de substrat en aluminium PTH, écart de position du trou < 0,005 mm ± 0,001 mm

Caractéristiques de taille :

diamètre

0,053,0 mm ± 0,0050,01 mm, un foret ultra-micro (0,050,2 mm) est utilisé pour le microvia HDI , un foret standard (0,31,0 mm) est utilisé pour FR4/HDI, un foret plus grand (1,13,0 mm) est utilisé pour le PTH.

longueur

5150 mm±0,30,5 mm, la tige courte (530 mm) convient aux vitesses élevées (>2×10 ^{5} tr/min±10 ^{4} tr/min), la tige longue (50150 mm) est utilisée pour les trous profonds (>3,2 mm±0,1 mm).

tolérance

h5/h6 (0/0,004 mm, diamètre 0,1 mm ; 0/0,008 mm, diamètre 1 mm), garantissant une précision d'ouverture < 0,002 mm ± 0,0005 mm.

Tige en carbure avec trou

Le micro-perçage des substrats informatiques n'utilise généralement pas de tiges percées, car le diamètre du trou est trop petit (0,05 à 1,0 mm) et le canal de refroidissement n'est pas applicable. Des tiges expérimentales à simple hélice (diamètre 0,8 mm ± 0,005 mm, diamètre du trou 0,3 mm ± 0,01 mm, angle d'hélice 30° ± 1°) sont utilisées pour les substrats à haute température (comme la céramique).

4. Paramètres de performance du micro-perçage du PCB en carbure (substrat informatique)

Les tiges en carbure pour le micro-perçage des PCB doivent répondre aux exigences de performance suivantes (se référer à ASTM E384, ASTM G65, littérature, etc.) :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

performance	paramètre	illustrer
dureté	HV 16002100±50	La dureté élevée assure la résistance à l'usure, K05 (HV 18002100±50) convient au perçage ultra-fin, YL10.2 (HV 16001900±50) convient au perçage standard
dureté	Kıc 712 MPa·m¹ / ² ± 0,5	Empêche l'écaillage du tranchant, YU12 (K ı c 1012 MPa·m ¹ / ² ± 0,5) convient au perçage à grande vitesse, K05 (K ı c 79 MPa·m ¹ / ² ± 0,5) convient aux micro-trous
Résistance à la flexion	>40004500 MPa±50	Rapport d'élancement du support (>50:1), YL10.2 (>4000 MPa±50), YU12 (>4200 MPa±50)
Taux d'usure	<0,030,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m	Faible usure et durée de vie prolongée, K10 (<0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, ASTM G65)
Rugosité de surface	Ra<0,10,2 µm ± 0,01 µm	Le polissage miroir réduit l'adhérence de la feuille de cuivre/résine, le microvia HDI nécessite Ra<0,15 µm±0,01 µm
Précision	Écart d'ouverture < 0,002 mm ±0,0005 mm	Écart de micro-trou (0,05 à 0,2 mm) < 0,001 mm ± 0,0002 mm, écart de PTH (0,3 à 1,0 mm) < 0,005 mm ± 0,001 mm

Amélioration du revêtement :

DLC (revêtement de type diamant)

Le coefficient de frottement est < 0,15 ± 0,01, la résistance à l'usure est augmentée de 30 % 50 % ± 5 %, les débris collants sont réduits et il convient aux micropores (0,05 0,3 mm).

PVDTiN

La dureté augmente de 20% ± 5%, convient aux trous standard (0,31,0 mm) et le coût est inférieur.

AlTiN

Résistance à la température > 900 °C ± 10 °C, durée de vie augmentée de 20 % 30 % ± 5 %, convient aux substrats à haute température (tels que la céramique).

Diamant

Dureté HV 8000 - 10000±500, durée de vie augmentée de 50%70%±10%, convient aux substrats céramiques, mais le coût est élevé ().

Mode de défaillance :

Usure abrasive (70%±5%) : la fibre de verre (Mohs 4,56,5±0,5) abrase le WC (Mohs 8,59±0,5).

Adhérence (20% ± 5%) : La résine/feuille de cuivre adhère au tranchant à 120-150°C ± 10°C.

Micro-écaillage (10 % ± 2 %) : à une vitesse de micro-trou élevée, la contrainte du bord de coupe est > 500 MPa ± 50 MPa.

5. Processus de fabrication

Le procédé de fabrication des micro-forets en carbure garantit une précision et une durabilité élevées. Les étapes sont les suivantes (références) :

Préparation des matières premières :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Poudre de WC ultrafine (taille des particules 0,10,8 μm±0,1 μm), poudre de Co (4%12%±0,5%).
Broyage et mélange humides, écart d'uniformité < 0,5 % ± 0,1 %, pour éviter la ségrégation du Co.

Moulage par compression :
Pressage isostatique (NEP), pression 200 - 300 MPa ± 10 MPa, formage de tiges de diamètre 0,053,0 mm ± 0,005 mm.
L'écart dimensionnel est contrôlé à ± 0,01 mm et le rapport d'élancement est > 50:1.

frittage:
Frittage sous vide ou HIP (hot isostatic pressing), température 14001500°C±10°C, pression 56 MPa±0,1 MPa.
La densité frittée est de 14,514,9 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ (ISO 3369), la granulométrie est <0,8 μm±0,1 μm et la porosité est <0,1%±0,01%.

Usinage de précision :
Rectification sans centre : tolérance de diamètre h5/h6, rugosité de surface Ra<0,2 μm±0,01 μm .
Polissage miroir : élimine les microfissures, arrondi des bords < 0,001 mm ± 0,0002 mm.
Rectification CNC : formage de la géométrie du micro-foret, angle de pointe 130°140°±2°, angle d'hélice 30°40°±1°, écart du tranchant <0,002 mm±0,0005 mm.
Réglage fin du laser (en option) : précision du tranchant < 0,0005 mm ± 0,0001 mm, adapté au perçage ultra-fin (0,05-0,2 mm).

revêtement:
DLC, TiN , AlTiN ou Diamant déposés par PVD/CVD avec une épaisseur de 0,53 μm ± 0,1 μm .
Adhérence >50 N±5 N (ASTM C1624), coefficient de frottement DLC <0,15±0,01, dureté du diamant HV 8000 - 10000±500.

Contrôle de la qualité :
Précision d'ouverture : mesure laser, écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm.
Dureté : Duromètre Vickers (ASTM E384), HV 1600 - 2100 ± 50.
Test de durée de vie : test de perçage, FR4 > 10^5trous ± 10^4 trous, HDI > 6× 10^4trous ± 5× 10^3trous ().

6. Paramètres de perçage du substrat informatique

Les paramètres de perçage des substrats informatiques (FR4, HDI, céramique, aluminium, PTFE) varient selon le matériau, le nombre de couches et le diamètre du trou. Voici les paramètres de perçage mécanique CNC (référence ISO 1832) :

Type de substrat	Plage d'ouverture (mm)	Vitesse (tr/min)	Taux d'alimentation (mm/min)	dianjiao (Dépenser)	Angle d'hélice (degrés)	Profondeur du trou (mm)	refroidir Chemin	Remarque
FR4	0,10,5 ±	150 000 -	1000 - 3000	130 ±2	30 - 35	0,83,2 ±0,1	Air	Carte mère de PC, paroi

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Type de substrat	Plage d'ouverture (mm)	Vitesse (tr/min)	Taux d'alimentation (mm/min)	dianjiao (Dépenser)	Angle d'hélice (degrés)	Profondeur du trou (mm)	refroidir Chemin	Remarque
(612e étage)	0,005	300 000 ± 10 000	±100		±1		comprimé/brouillard d'eau	du trou Ra<0,2 μm±0,01 μm , écart de position du trou<0,005 mm±0,001 mm
	0,511,0 ±0,005	100 000 - 200 000 ± 10 000	2000 - 4000 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	1,66,4 ±0,1	Brouillard/émulsion d'eau	Trou PTH, diamètre typique 0,8 mm, moins d'adhérence de la résine
IDH (1224e étage)	0,050,2 ±0,005	200 000 - 350 000 ± 10 000	500 - 1500 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,21,0 ±0,05	Air comprimé	Carte mère de serveur, précision du micro-trou < 0,001 mm ± 0,0002 mm
	0,210,5 ±0,005	150 000 - 250 000 ± 10 000	1000 - 2000 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,52,0 ±0,05	Air comprimé	Via borgne/enterré, paroi du trou Ra<0,15 μm±0,01 μm
céramique substrat	0,10,3 ± 0,005	100 000 - 200 000 ± 10 000	300 - 1000 ±50	140 ±2	35 - 40 ±1	0,51,5 ±0,05	Brouillard d'eau	Module haute fréquence, taux d'usure < 0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m
	0,310,8 ±0,005	80 000 - 150 000 ± 10 000	500 - 1500 ±50	140 ±2	35 - 40 ±1	1,02,0 ±0,05	Émulsion	Paroi du trou Ra<0,1 μm±0,01 μm , fissuration antithermique
Substrat en aluminium	0,20,8 ±0,005	80 000 - 150 000 ± 10 000	1000 - 2500 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	1,03,0 ±0,1	Brouillard/émulsion d'eau	Dissipateur thermique du GPU, écart de pas des trous < 0,003 mm ± 0,0005 mm
substrat en PTFE	0,10,5 ± 0,005	120 000 - 200 000 ± 10 000	500 - 1500 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,52,0 ±0,05	Air comprimé	Carte mère 5G, revêtement DLC pour éviter le collage, coefficient de frottement < 0,15 ± 0,01

Description des paramètres :

Ouverture

0,051,0 mm±0,005 mm, microvia (0,050,2 mm) pour HDI, PTH (0,31,0 mm) pour substrat FR4/aluminium.

Vitesse

10^5 3,5 × 10^5 tr/min ± 10^4 tr/min. Les microvias HDI nécessitent une vitesse élevée (> 2 × 10^5 tr/min) pour garantir un bon lissage. Les substrats céramiques nécessitent une vitesse faible (< 2 × 10^5 tr/min) pour éviter les fissures

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

thermiques.

Taux d'alimentation

300 - 4000 mm/min±50 - 100 mm/min, l'avance faible du micro-trou (500 - 1500 mm/min) améliore la précision, l'avance élevée du PTH (2000 - 4000 mm/min) améliore l'efficacité.

dianjiao

130° - 140° ± 2°, les substrats en céramique utilisent un angle de pointe plus grand (140°) pour réduire l'écaillage des bords.

Angle d'hélice

30° - 40° ± 1°, angle d'hélice élevé (38°) optimise l'évacuation des copeaux et réduit l'adhérence résine/feuille de cuivre ().

Profondeur du trou

0,26,4 mm±0,050,1 mm, épaisseur FR4 1,63,2 mm±0,1 mm, épaisseur HDI 0,82,0 mm±0,05 mm.

Méthode de refroidissement

Air comprimé (micropore, anti-colmatage), brouillard d'eau/émulsion (PTH, refroidissement), viscosité de l'émulsion 1020 mPa·s±2 mPa·s .

7. Nombre de trous dans la carte mère de l'ordinateur

Le nombre de trous dans les substrats informatiques varie en fonction de la complexité et des exigences fonctionnelles (références) :

Type de substrat	Scénario d'application	Nombre de couches	Plage de numéros de trous	Distribution de la taille des pores	Type de trou	Remarque
FR4 (standard)	Carte mère PC (ATX, MicroATX	612	5 000 - 20 000 ± 500	0,11,0 mm	PTH, via aveugle	10 000 trous typiques (carte mère Intel Z790), PTH représente 70 % ± 5 %, pas de trou > 0,2 mm ± 0,01 mm
FR4 (Haute densité)	Carte mère du serveur	1016	15 000 - 50 000 ± 1 000	0,10,8 mm	PTH, Vias borgnes, vias enterrés	30 000 trous typiques (carte mère AMD EPYC), écart de position des trous < 0,005 mm ± 0,001 mm
IDH	Module GPU Module CPU	1224	20 000 - 100 000 ± 2 000	0,050,5 mm	Micro Via, Vias borgnes, vias enterrés	Typiquement 50 000 trous (NVIDIA RTX 4090), les micro-trous représentent 60 % 80 % ± 5 %
céramique substrat	Module haute fréquence 5G	48	2 000 - 10 000 ± 200	0,10,8 mm	PTH, Voie aveugle	Généralement 5 000 trous (haute fréquence du serveur), paroi du trou Ra<0,1 μm±0,01 μm
Substrat en aluminium	Dissipateur thermique du GPU	26	1 000 - 5 000 ± 100	0,21,0 mm	PTH	Généralement 3 000 trous (trous de dissipation thermique), pas de trou > 0,5 mm ± 0,01 mm
PTFE plaque de base	serveur 5G Carte mère	612	5 000 - 15 000 ± 300	0,10,5 mm	PTH, via aveugle	8 000 trous typiques (haute fréquence et faible perte), exigences élevées en matière d'anti-puce

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Caractéristiques du numéro de trou :

Carte mère standard FR4

Nombre de trous : 5 000 à 20 000, principalement PTH (> 70 % ± 5 %), utilisés pour l'installation de composants tels que des emplacements pour processeur et des clés USB.

Substrat HDI

Le nombre de trous est de 20 000 à 100 000, et les micro-trous (0,05 à 0,2 mm) représentent 60 à 80 % ± 5 %, prenant en charge l'interconnexion haute densité (comme les modules GPU).

Substrat céramique/PTFE

Le nombre de trous est compris entre 2 000 et 15 000. Les signaux haute fréquence nécessitent un espacement des trous plus important (> 0,2 mm ± 0,01 mm).

Substrat en aluminium

Le nombre de trous est de 1 000 à 5 000, principalement des trous de dissipation thermique, avec un diamètre de 0,5 à 1,0 mm ± 0,005 mm.

8. Durée de vie des micro-forets en carbure

La durée de vie d'un microforet dépend du matériau du substrat, du diamètre du trou, de la vitesse de rotation et du revêtement. Voici les données de durée de vie sous substrat informatique (référence ASTM G65) :

substrat taper	Ouverture mm	Marque	revêtement	Durée de vie (nombre de trous)	Taux d'usure (mm^3 / N · m)	Mode de défaillance	Remarque
FR4 612e étage	0,10,3 ± 0,005	YL10.2	DLC	100 000 - 150 000 ± 10 000	<0,03 ±0,01	Usure abrasive, adhérence	Carte mère PC, paroi du trou Ra<0,2 μm±0,01 μm , durée de vie la plus longue
	0,310,8 ±0,005	K10	Étain	80 000 - 120 000 ± 10 000	<0,04 ±0,01	Usure abrasive	Trou PTH, moins d'adhérence de la résine
IDH 1224e étage	0,050,2 ±0,005	K05	DLC	50 000 - 80 000 ± 5 000	<0,02 ±0,005	Micro-écaillage, usure	Carte mère du serveur, précision < 0,001 mm ± 0,0002 mm
	0,210,5 ±0,005	YU12	AlTiN	60 000 - 100 000 ± 5 000	<0,03 ±0,01	Usure et propagation	Vias borgnes/enterrés, résistance à la température > 900 °C ± 10 °C
céramique substrat	0,10,3 ± 0,005	K05	Diamant	20 000 - 50 000 ± 3 000	<0,02 ±0,005	Usure abrasive et fissuration	Module haute fréquence, nécessite un grand angle de point (140°±2°) et a la durée de vie la plus courte ()
	0,310,8 ±0,005	YL10.2	TiB_2	30 000 - 60 000 ± 3 000	<0,03 ±0,01	Usure, microfissures	Paroi du trou Ra<0,1 μm±0,01 μm , fissuration antithermique
Substrat en aluminium	0,20,8 ±0,005	K10	Étain	80 000 - 120 000 ± 10 000	<0,04 ±0,01	Adhérence, usure	Dissipateur thermique du GPU, écart de pas des trous < 0,003 mm ± 0,0005 mm
PTFE substrat	0,10,5 ± 0,005	YU12	DLC	60 000 - 100 000 ± 5 000	<0,03 ±0,01	Adhérence, usure	Carte mère 5G, coefficient de frottement < 0,15 ± 0,01

Caractéristiques de la durée de vie :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

FR4
Durée de vie maximale (80 000 - 150 000 trous ± 10 000), substrat souple (fibre de verre + résine, Mohs 4,56 ± 0,5), faible taux d'usure (< 0,04 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m).

IDH
Une durée de vie moyenne (50 000 - 100 000 trous ± 5 000), une vitesse élevée de perçage de micro-trous (> 2 × 10 ⁵ tr/min ± 10 ⁴ tr/min) entraînent des micro-écaillages.

substrat en céramique
La durée de vie est la plus faible (20 000 - 60 000 trous ± 3 000) et la dureté élevée (Mohs 6,57 ± 0,5) induit une usure abrasive.

Substrat en aluminium
Durée de vie plus longue (80 000 - 120 000 trous ± 10 000), mais sujet à l'adhérence des copeaux d'aluminium, nécessite un revêtement TiN / DLC.

substrat en PTFE
Durée de vie moyenne (60 000 - 100 000 trous ± 5 000), le revêtement DLC a un effet anti-éclats important.

Influence du revêtement :
DLC
Coefficient de frottement < 0,15 ± 0,01, durée de vie augmentée de 30 % 50 % ± 5 %, adapté aux micro-trous.

TiN / AlTiN
Résistance à la température > 900 °C ± 10 °C, durée de vie augmentée de 20 % 30 % ± 5 %, convient au PTH.

Diamant
Dureté HV 8000 - 10000±500, durée de vie augmentée de 50%70%±10%, convient aux substrats céramiques, coût élevé.

Mode de défaillance :
Usure abrasive (70% ± 5%) : abrasion fibre de verre/céramique WC.
Adhésion (20% ± 5%) : Adhésion résine/aluminium à 120150°C ± 10°C.
Micro-écaillage (10%±2%) : contrainte microporeuse > 500 MPa±50 MPa.

9. Applications et cas spécifiques
Les applications typiques des micro-forets en carbure sur des substrats informatiques sont les suivantes (intégration de smartphones, serveurs, GPU, etc.) :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Type de substrat	Cas d'application	Nombre de trous	Ouverture (mm)	Paramètres de micro-perçage	Durée de vie (nombre de trous)	Exigences de performance
FR4	Carte mère ATX Intel Z790	10 000 ± 500	0,20,8 ±0,005	YL10.2, DLC, 0,30,8 mm, 200 000 tr/min ± 10 000, 2 000 mm/min ± 100	100 000 - 120 000 ± 10 000	Écart de position du trou < 0,005 mm ± 0,001 mm, paroi du trou Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm , le PTH représente 70 %
IDH	Carte mère du serveur AMD EPYC	50 000 ± 2 000	0,050,3 ±0,005	K05, DLC, 0,10,2 mm, 300 000 tr/min ± 10 000, 1 000 mm/min ± 50	60 000 - 80 000 ± 5 000	Précision des micropores < 0,001 mm ± 0,0002 mm, proportion de micropores 80 % ± 5 %
substrat en céramique	Module haute fréquence 5G	5 000 ± 200	0,10,5 ± 0,005	K05, Diamant, 0,2 mm, 150 000 tr/min ± 10 000, 500 mm/min ± 50	30 000 - 50 000 ± 3 000	Taux d'usure < 0,02 mm³ / N · m ± 0,005 mm³ / N · m, paroi du trou Ra < 0,1 µm ± 0,01 µm
Substrat en aluminium	Plaque de refroidissement du GPU NVIDIA RTX 4090	3 000 ± 100	0,31,0 ±0,005	K10, TiN , 0,5 mm, 100 000 tr/min ± 10 000, 2 000 mm/min ± 100	80 000 - 100 000 ± 10 000	Écart d'espacement des trous < 0,003 mm ± 0,0005 mm, anti-éclats
substrat en PTFE	Carte principale de la station de base 5G	8 000 ± 300	0,10,5 ± 0,005	YU12, DLC, 0,3 mm, 150 000 tr/min ± 10 000, 1 000 mm/min ± 50	60 000 - 100 000 ± 5 000	Coefficient de frottement < 0,15 ± 0,01, perte de signal < 0,02 dB/cm ± 0,005 dB/cm
Hybride FR4/HDI	PCB de smartphone (iPhone 15 Pro)	30 000 ± 1 000	0,050,5 ±0,005	K05/YL10.2, DLC, 0,10,3 mm, 250 000 tr/min ± 10 000, 1 000 à 2 000 mm/min ± 50	80 000 - 100 000 ± 5 000	Écart d'ouverture < 0,001 mm ± 0,0002 mm, paroi du trou Ra < 0,15 µm ± 0,01 µm

Étude de cas :

Carte mère ATX (Intel Z790)

Le nombre de trous est d'environ 10 000, le PTH (0,30,8 mm) représente 70 % ± 5 %, le micro-foret YL10.2+DLC (0,30,8 mm) est utilisé pour percer les emplacements CPU et les emplacements PCIe, avec une durée de vie de 100 000 à 120 000 trous ± 10 000, et un écart de position de trou de < 0,005 ± 0,001 mm, ce qui répond aux exigences de transmission de signaux à grande vitesse.

Carte mère de serveur (AMD EPYC)

Le nombre de trous est de 50 000, les micro-trous (0,05-0,2 mm) représentent 80 % ± 5 %, le micro-foret K05+DLC (0,1 mm) perce les interconnexions intercouches HDI, la durée de vie est de 60 000 à 80 000 trous ± 5 000, la vitesse est de 300 000 tr/min ± 10 000 pour garantir une précision < 0,001 ± 0,0002 mm.

Module haute fréquence 5G (céramique)

Nombre de trous : 5 000, diamètre du trou : 0,1 à 0,5 mm, micro-foret diamanté K05+ (0,2 mm) pour le perçage des trous de transmission du signal, durée de vie : 30 000 à 50 000 trous ± 3 000, paroi du trou Ra < 0,1 µm ± 0,01 µm , réduisant la perte de signal.

Dissipateur thermique du GPU (RTX 4090)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nombre de trous : 3 000, PTH (0,5 à 1,0 mm), micro-foret K10+TiN (0,5 mm) pour le perçage des canaux de dissipation thermique, durée de vie : 80 000 à 100 000 trous ± 10 000, écart d'espacement des trous < 0,003 ± 0,0005 mm.

PCB de l'iPhone 15 Pro

Nombre de trous 30 000, FR4/HDI mixte, micro-perceuse K05/YL10.2+DLC (0,10,3 mm) perçage interconnexion de puce A17, durée de vie 80 000 - 100 000 trous ± 5 000, écart d'ouverture < 0,001 ± 0,0002 mm, conforme à la compacité.

10. Technologies et tendances avancées

Grain ultrafin

Granulométrie < 0,2 μm±0,05 μm (comme K05), dureté HV 2000 - 2200±50, adaptée au perçage ultra-fin (0,05 mm±0,005 mm).

Revêtement nano

Revêtement composite DLC+TiN (épaisseur 0,51 μm±0,1 μm , coefficient de frottement <0,1±0,01), durée de vie augmentée de 50%±10% ; CVM Dimond (dureté HV 8000 - 10000±500) est utilisé pour les substrats céramiques.

Traitement au laser

Bord de coupe à réglage fin au laser, rondeur < 0,0005 mm ± 0,0001 mm, paroi du trou Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm , adapté aux cartes haute fréquence 5G.

Surveillance intelligente

Surveillance en temps réel du couple (<0,01 N·m±0,001 N·m) et de l'usure (<0,001 mm±0,0002 mm) pour optimiser l'efficacité du perçage et la durée de vie.

Fabrication verte

Frittage HIP basse énergie (consommation énergétique réduite de 10%±2%), recyclage de la poudre de WCCo (taux de récupération>90%±5%), et impact environnemental réduit.

11. Conclusion

L'application des produits cylindriques/tiges en carbure cémenté dans le micro-perçage de PCB concerne principalement les nuances à grains fins telles que YL10.2, K05, K10, YU12, avec un diamètre de 0,05 à 3,0 mm ± 0,005 à 0,01 mm, une dureté HV de 1600 à 2100 ± 50, un écart d'ouverture < 0,002 mm ± 0,0005 mm, une durée de vie de 20 000 à 150 000 trous ± 3 000 à 10 000. Français Les paramètres de perçage pour les substrats informatiques (FR4, HDI, céramique, à base d'aluminium, PTFE) sont un diamètre de trou de 0,05 à 1,0 mm ± 0,005 mm, une vitesse de rotation de 10^5 3,5 × 10^5 tr/min ± 10^4 tr/min, une vitesse d'avance de 300 à 4 000 mm/min ± 50 à 100 mm/min, un nombre de trous de 1 000 à 100 000 et une proportion élevée de micropores (HDI atteint 60 % à 80 % ± 5 %). Le DLC, le TiN , l'AlTiN , le revêtement diamant (coefficient de frottement < 0,15 ± 0,01, durée de vie augmentée de 30 % à 70 % ± 5 % à 10 %) et la fabrication de précision (comme CIP, HIP, meulage CNC, réglage fin au laser) garantissent une précision et une durabilité élevées. La carte mère FR4 présente la durée de vie la plus longue (100 000 à 150 000 trous), tandis que le substrat céramique présente la durée de vie la plus courte (20 000 à 60 000 trous). Des cas typiques (tels que l'Intel Z790, l'AMD EPYC et l'iPhone 15 Pro) montrent que les microforets en carbure cémenté répondent aux exigences de haute densité et de haute fiabilité des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

substrats informatiques, et évolueront vers des grains ultrafins, des nanorevêtements et une surveillance intelligente à l'avenir.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

Résumé des domaines d'application et des utilisations spécifiques des tiges/cylindres en carbure cémenté

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
Coupe	dans l'ensemble Fraise	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C, Ténacité : K_{IC} > 10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5	WC8Co, AlTiN , DLC	Fraisage d'alliage d'aluminium aéronautique, acier à matrice (Ra<0,8 μm±0,01 μm , durée de vie>5000 m±500 m)
	percer	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2	WC10Co, TiAlN	Perçage de l'acier inoxydable, des matériaux composites (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm, durée de vie > 10^4 trous ± 10^3 trous)
	Fraise	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >10^4 pièces±10^3 pièces	WC6Co, TiN , DLC	Alésage de blocs-cylindres automobiles et de trous de roulements (Ra<0,4 μm±0,01 μm , écart<0,002 mm±0,0005 mm)
	Robinets	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la température : > 600 °C ± 10 °C, Précision : < 0,01 mm	WC10Co, TiCN	Traitement des trous filetés (écart de pas < 0,005 mm ± 0,001 mm, durée de vie > 10^4 pièces ± 10^3 pièces)
	Fraises	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Amplitude de vibration : < 0,1 mm±0,01 mm, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 5000 m± 500 m	WC8Co, AlTiN	Fraisage à grande vitesse d'alliage de titane et d'acier dur (vitesse de coupe > 200 m/min ± 10 m/min)
	Micro-couteau	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : <0,002 mm±0,0005 mm, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Durée de vie : >10^4 pièces±10^3 pièces	WC6Co, DLC	Pièces et moules électroniques micro-traités (taille des éléments < 0,01 mm ± 0,001 mm)
Fabrication de moules	Noyau de filière de tréfilage	Cylindrique	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : < 0,15±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 10^6 m ± 10^5 m	WC10Co, DLC, CrN	Tréfilage de fil de cuivre, fil d'acier (écart de diamètre < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Noyau de filière d'extrusion	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la température : >600°C±10°C, Durée de vie : >10^6 fois±10^5 fois	WC12Co, TiC	Tubes en aluminium extrudé, tiges en plastique (écart d'épaisseur de paroi < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Noyau de matrice d'emboutissage	Cylindrique	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance aux chocs : >120 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : >10^6 fois	WC10Ni, CrN	Écrous et rondelles d'emboutissage (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm)
	Noyau de	Cylindrique	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à la pression : >100	WC10Co, TiC	Poudre céramique pressée, matériau

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	moulage en poudre		MPa±10 MPa, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	/DLC	magnétique (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Noyau de matrice de frappe à froid	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁶ pièces±10 ⁵ pièces	WC12Co, TiB_2	Boulons et rivets à frappe à froid (force de formage < 500 kN ± 10 kN)
Pièces résistantes à l'usure	Bague résistante à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁴h ± 10 ³h	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Chemise d'arbre de pompe, chemise d'arbre de moteur (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h)
	Noyau de buse	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'érosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Résistance à la corrosion : pH 212±0,1, Durée de vie : > 10 ⁴ heures	WC8 Co , Al_2O_3	Buse à jet d'eau haute pression, buse à huile et à gaz (écart de débit < 1 % ± 0,1 %)
	Paliers lisses	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	WC10Ni, DLC	Paliers lisses mécaniques, paliers de pompe (vitesse de rotation > 5000 tr/min ± 500 tr/min)
	Goupille résistante à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC12Co, TiC	Axes et charnières d'excavatrice (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
	Noyau de bague d'étanchéité	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Taux de fuite : < 10 ⁻⁶ Pa·m³ / s ± 10 ⁻⁷ Pa·m³ / s	WC10Co, CrN	Joints de pompe haute pression, joints de soupape (durée de vie > 10 ⁴ heures ± 10 ³ heures)
Industrie électronique	**Micro-perçage de PCB**	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : < 0,002 mm±0,0005 mm, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Durée de vie : > 10 ⁵ trous ± 10 ⁴ trous	WC6Co, DLC, PVDTiN	Perçage de cartes PCB multicouches, cartes HDI (diamètre du trou 0,11 mm ± 0,005 mm, écart < 0,001 mm ± 0,0002 mm)
	Forets de précision	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : < 0,005 mm±0,001 mm, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁴ trous	WC6Co, DLC, TiN	Perçage de substrats de puces, connecteurs (écart d'ouverture < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Micro-fraise	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : <0,002 mm±0,0005 mm, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Durée de vie : >10 ⁴ pièces±10 ³ pièces	WC6Co, DLC	Fraisage de moules de microcircuits, pièces de capteurs (Ra<0,2 μm±0,01 μm)
	tige conductrice	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistivité : <12 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm , Résistance de contact : <0,1 mΩ±0,01 mΩ , Durée de vie : >10 ⁶ fois	WC10Ni, PVDCrN	Tiges de contact de batterie, connecteurs (efficacité > 99 % ± 1 %)
	matrice d'emballage de puces	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Précision : < 0,005 mm±0,001 mm	WC10Co, CrN /DLC	Noyau de moule d'emballage de semi-conducteur (cycle <1 s±0,1 s, durée de vie>10 ⁶ fois)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
Aérospatial	Forets en matériaux composites	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C, Durée de vie : > 10^4 trous	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Perçage de fibre de carbone, alliage de titane (écart de diamètre du trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fraise	En forme de tige	Dureté : HV 25003500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C, Durée de vie : > 5 000 m ± 500 m	WC8Co, AlTiN	Fraisage de pièces de moteurs d'avion (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	arbre résistant à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10^6 fois±10^5 fois, Durée de vie : >10^4 heures	WC12Co, CrN	Noyau d'arbre de turbine, charnière de vaisseau spatial (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
	tige d'étanchéité	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la température : >1000°C±10°C, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Taux de fuite : <10^{-6} Pa·m^3 / s	WC10 Co , Al_2O_3	Joints de moteurs-fusées, noyaux de soupapes (temps de service > 10^4 heures ± 10^3 heures)
Énergie et produits chimiques	Foret résistant à la corrosion	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : > 10^4trous	WC10Co, CrN , DLC	Forage de canalisations d'eau de mer, conteneurs chimiques (écart d'ouverture < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Noyau de valve	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Résistance à la pression : > 100 MPa ± 10 MPa, Durée de vie : > 10^4 heures	WC10TiC10Ni, CrN	Vannes à huile, noyaux de vannes à gaz (taux de fuite <10^{-6} Pa·m^3 / s ± 10^{-7} Pa·m^3 / s)
	Boîtier résistant à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'érosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Résistance à la température : > 500°C±10°C, Durée de vie : > 10^4 heures	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Corps de pompe à sable bitumineux, noyau de pompe chimique (service > 2 ans ± 0,2 an)
	Noyau de moulage du catalyseur	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Porosité : 10%20%±1%, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,1 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Durée de vie : >10^4 heures	WCCo poreux , Al_2O_3	Formation de particules de catalyseur (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm)
Menuiserie et exploitation minière	Forets à bois	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10^4 trous±10^3 trous	WC6Co, TiN , CrN	Perçage de bois dur, contreplaqué (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Trépans de forage minier	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : >10^4 heures	WC10Co, TiC , TiB_2	Forage de roche, forage de minerai (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h)
	Noyau de coupe de tunnelier	Cylindrique	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >200 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : >10^4 heures	WC12Co, TiB_2	Creusement de tunnels, exploitation minière (service > 2 ans ± 0,2 an)
	Tige de broyage	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure	WC10 Co , Cr_3C_2	Broyage et enrichissement du minerai

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	pour le traitement du minerai		< 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,1 mg/cm² , Durée de vie : > 10 ⁴ heures	/ NiCr	(perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h)
Industrie de transformation du bambou et du bois	Foret à bois de bambou	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC6Co, TiN , CrN	Perçage de meubles en bambou et de structures en bois (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fraise à bois en bambou	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Précision : < 0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : > 5000 m± 500 m	WC8Co, DLC	Fraisage de planches de bambou, sculpture sur bois (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	de matrice de dessin en bois de bambou	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁶ m±10 ⁵ m	WC10Co, CrN	Bandes de bambou étirées, fibres de bois (écart de diamètre < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Noyau de moulage en bois de bambou	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC10Ni, DLC	Emballage en bambou pressé, produits en bois (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
Médical	Forets dentaires	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Compatibilité : >95%±2%	WC6Co, DLC	Forage et restauration dentaire (vitesse de rotation > 10 ⁵ tr/min ± 10 ⁴ tr/min, écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Forets orthopédiques	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Durée de vie : >10 ⁴ trous	WC8Co, TiN	Forage osseux, pose d'implants (écart du diamètre du trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fraise médicale	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Durée de vie : >10 ⁴ pièces±10 ³ pièces	WC6Co, DLC	Fraisage de moules de réparation osseuse, implants (Ra<0,4 μm±0,01 μm)
	Noyau moulé pour aiguille d'acupuncture	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Précision : < 0,002 mm±0,0005 mm, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²	WC10Co, CrN	Aiguilles d'acupuncture médicales moulées (écart de diamètre < 0,001 mm ± 0,0002 mm)
Automobile	Forets	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC10Co, TiAlN	Bloc-cylindres de moteur de perçage, châssis (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Outils de fraisage	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 800 °C ± 10 °C, Durée de vie : > 5000 m	WC8Co, AlTiN	Fraisage de vilebrequins, engrenages (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Noyau de filière de tréfilage	Cylindrique	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : < 0,15±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁶ m	WC10Co, DLC	Fil d'acier automobile étiré, fil à ressort (écart de diamètre < 0,002 mm ± 0,0005 mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	Noyau de matrice d'emboutissage	Cylindrique	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Précision : <0,01 mm±0,001 mm	WC10Ni, CrN	Emboutissage de pièces de carrosserie, écrous (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
architecture	Foret à béton	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁴ trous	WC10Co, TiC	Forage du béton, de la roche (écart du diamètre du trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fraise à pierre	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 600 °C ± 10 °C, Durée de vie : > 5000 m ± 500 m	WC8Co, TiN	Fraisage de marbre, granit (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Forets de forage de fondations	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >200 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC12Co, TiB_2	Forage de fondations sur pieux, excavation de tunnels (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h)
	Mandrin résistant à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC12Co, CrN	Arbre de mélangeur, arbre de concasseur (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)
Machines générales	Noyau de cisaillement	Cylindrique	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Précision : < 0,01 mm ± 0,001 mm, Durée de vie : > 10 ⁶ fois	WC10Co, DLC, TiN	Coupe de fil d'acier, plastique (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Goupilles de guidage résistantes à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	WC10Ni, CrN	Colonnes de guidage de machines-outils, colonnes de guidage de poinçons (résistance au glissement <10 N ± 1 N)
	Noyau de soupape hydraulique	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Précision : < 0,005 mm±0,001 mm, Durée de vie : > 10 ⁴ heures	WC10Co, CrN	Vannes hydrauliques, noyaux de servovalves (taux de fuite <10 ⁻⁶ Pa·m³ / s ± 10 ⁻⁷ Pa·m³ / s)
	arbre du compresseur	Cylindrique	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC12Co, TiC	Arbre de compresseur d'air, arbre central de pompe (amplitude de vibration < 0,1 mm ± 0,01 mm)
Chemin de fer et transport ferroviaire	Forets pour rails	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC10Co, TiAlN	Rails et aiguillages percés (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fraise à molette	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 800 °C ± 10 °C, Durée de vie : > 5000 m	WC8Co, AlTiN	Fraisage de roues de chemin de fer (écart de circularité < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Bague résistante	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement :	WC10 Co , Cr_3C_2	Coussinets de bogie, essieux de roues

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	à l'usure		<0,2±0,01, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	/ NiCr	(entretien > 5 ans ± 0,5 an)
	Noyau de valve de frein	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la température : >600°C±10°C, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC12Co, CrN	Noyau de valve de frein pour train à grande vitesse (coefficient de frottement < 0,3 ± 0,05)
Construction navale	Fraise à hélice	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1, Durée de vie : > 5000 m	WC8Co, AlTiN , CrN	Fraisage d'hélice en alliage de cuivre (précision < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Noyau de valve résistant à la corrosion	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Résistance à la pression : > 100 MPa ± 10 MPa, Durée de vie : > 10 ⁴ heures	WC10TiC10Ni, DLC	Noyau de valve marine, noyau de pompe à eau de mer (service > 5 ans ± 0,5 an)
	Forets de coque	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC10Co, CrN	Perçage de la tôle d'acier de la coque (écart du diamètre du trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
machines agricoles	Foret de labourage	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC10Co, TiC , CrN	Forage du sol, semis de trous (écart du diamètre du trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fraise de moissonneuse	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 5000 m± 500 m, Précision : < 0,01 mm	WC8Co, TiN	Broyage de tiges de cultures et de pièces en bois (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	arbre résistant à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 16002200±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC12Co, CrN	Arbre de transmission du tracteur, arbre de la moissonneuse (amplitude de vibration < 0,1 mm ± 0,01 mm)
Transformation des aliments	Foret alimentaire	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Compatibilité : >95%±2%, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC6Co, DLC	Perçage de moules d'emballage alimentaire, os (écart de diamètre du trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fraise à aliments	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Compatibilité : >95 %±2 %, Durée de vie : >5000 m±500 m	WC6Co, DLC	Moules de fraisage d'aliments, moules de tranchage de fruits et légumes (Ra<0,4 μm±0,01 μ m)
	Noyau d'étanchéité	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Précision : < 0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : > 10 ⁶ fois	WC10Co, CrN	Moule de scellage d'emballage alimentaire (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
Textile et impression	Noyau de filière de tréfilage de fils textiles	Cylindrique	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : < 0,15±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁶ m	WC10Co, DLC, CrN	Étirage de fibres chimiques, de fils (écart de diamètre < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Noyau du moule	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure	WC10Co, CrN	Noyau de cylindre d'impression en

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
	d'impression		< 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Précision : < 0,01 mm ± 0,001 mm, Durée de vie : > 10 ⁶ fois		héliogravure, noyau de découpe (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Tige de guidage du fil	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Coefficient de frottement : < 0,2±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁴ heures	WC10Ni, WC/C	Tige de guidage du fil de la machine à filer (résistance au glissement < 5 N ± 1 N)
Équipements énergétiques	Foreuse éolienne	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à la corrosion : pH 212±0,1, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC10Co, TiB_2 , CrN	Perçage des pales et des tours d'éoliennes (écart d'ouverture < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Noyau de valve de l'énergie nucléaire	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Résistance à la pression : > 100 MPa ± 10 MPa, Durée de vie : > 10 ⁴ heures	WC10TiC10Ni , Al_2O_3	Noyau de vanne de refroidissement de centrale nucléaire, noyau de pompe (service > 10 ans ± 1 an)
	Foret pour plaquettes solaires	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : < 0,005 mm±0,001 mm, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁶ trous	WC6Co, DLC	Perçage de plaquettes de silicium (écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
Exploration géologique	Trépans de forage géologique	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >200 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC10Co, TiB_2 , Tic	Forage pétrolier, exploration géologique (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h)
	Boîtier résistant à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,1 mg/cm² , Durée de vie : > 10 ⁴ heures	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Tubage de forage, noyau de pompe à boue (service > 2 ans ± 0,2 an)
	Trépans de forage d'échantillonnage de carottes	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC10Co, CrN	Échantillonnage de carottes géologiques (écart d'ouverture < 0,05 mm ± 0,01 mm)
Sports et divertissements	Exercice de matériel de pêche	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Précision : < 0,01 mm ± 0,001 mm, Durée de vie : > 10 ⁴ trous	WC6Co, CrN	Perçage de moules pour cannes à pêche et engins de pêche (écart de diamètre du trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Puits d'équipement sportif	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC10Co, CrN	Noyau d'axe de vélo, axe de skateboard (amplitude de vibration < 0,1 mm ± 0,01 mm)
	Forets pour snowboard	En forme de tige	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Coefficient de frottement : <0,2±0,01, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Durée de vie : >10 ⁴ trous	WC6Co, DLC	Perçage de moules de skis et de patins à glace (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
Art et Décoration	Foret à graver	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,005 mm±0,001 mm, Coefficient de frottement : <0,15±0,01, Durée de vie : >10 ⁴	WC6Co, DLC, TiN	Sculpture sur jade, sculpture sur bois (précision < 0,002 mm ± 0,0005 mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

application champ	spécifique utiliser	formulaire	Exigences de performance	Matériaux et revêtements typiques	Exemples d'application
			pièces±10 ³ pièces		
	Noyau de filière de tréfilage de bijoux	Cylindrique	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : < 0,15±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁶ m	WC10Co, DLC	Fils d'or et d'argent étirés (écart de diamètre < 0,001 mm ± 0,0002 mm)
	Noyau de moule décoratif	Cylindrique	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Précision : < 0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : > 10 ⁶ fois	WC10Ni, CrN	Ornements en céramique pressée, moules en verre (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
militaire	Foret d'armure	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance aux chocs : >200 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁴ trous	WC8Co, TiB_2 , AlTiN	Blindage de char de forage, acier de blindage (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
	Noyau de moule de formage de balles	Cylindrique	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Durée de vie : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois	WC10Co, TiC , CrN	Obus d'artillerie supprimés, ogives de missiles (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm)
	Forets à barillet	En forme de tige	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : <0,01 mm±0,001 mm, Résistance à la température : >800°C±10°C, Durée de vie : >10 ⁴ trous±10 ³ trous	WC10Co, AlTiN	Perçage de canons et de canons de fusils (écart d'ouverture < 0,02 mm ± 0,005 mm)
	Fraise militaire	En forme de tige	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Résistance à la température : > 900 °C ± 10 °C, Durée de vie : > 5000 m ± 500 m	WC8Co, AlTiN	Fraisage de pièces de véhicules blindés, obus de missiles (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	arbre résistant à l'usure	Cylindrique	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >200 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Durée de vie : >10 ⁴ heures	WC12Co, TiC	Noyau de l'arbre du lanceur de missiles, charnière du réservoir (taux de déformation < 0,1 % ± 0,01 %)

Tableau des différentes nuances et applications des tiges/colonnes/bandes en carbure cémenté

Marque	Ingrédients principaux	Paramètres de performance	Domaines d'application	Utilisation spécifique	Exemples typiques
YG6	WC6	Dureté : HV 1500 - 1800±50, Ténacité : K_{1c} 1012 MPa·m¹ /² ± 0,5, Densité : 14,9 g/cm³ ± 0,1, Résistance à la flexion : >1800 MPa±50	Découpe, travail du bois, bambou et produits du bois	Forets à bois, fraises à bois en bambou, fraises générales	Perçage de bois dur (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm), fraisage de bambou (Ra < 0,8 μm ± 0,01 μm)
YG8	Wlq	Dureté : HV 1400 - 1700±50, Ténacité : K_{1c} 1214 MPa·m¹ /²±0,5, Densité : 14,7 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >2000 MPa±50	Découpe, exploitation minière,	Forets miniers, forets à béton, fraises	Forage de roche (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h), fraisage de l'acier (durée de vie > 5000 m ± 500 m)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	Ingrédients principaux	Paramètres de performance	Domaines d'application	Utilisation spécifique	Exemples typiques
			construction		
YG10	WC10Co	Dureté : HV 1300 - 1600±50, Ténacité : K_{IC} 1416 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 14,5 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >2200 MPa±50	de moules, pièces résistantes à l'usure	Noyau de matrice de tréfilage, noyau de matrice d'emboutissage, bague résistante à l'usure	Fil de cuivre brossé (écart de diamètre < 0,002 mm ± 0,0005 mm), écrou estampé (durée de vie > 10^6 fois ± 10^5 fois)
YG15	WC15Co	Dureté : HV 1200 - 1500±50, Ténacité : K_{IC} 1618 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 14,0 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >2400 MPa±50	Fabrication de moules, pièces d'usure, exploitation minière	Noyau de matrice de frappe à froid, noyau de fraise pour tunnelier, boîtier résistant à l'usure	Boulons de frappe à froid (force de formage < 500 kN ± 10 kN), forage de tunnels (durée de vie > 2 ans ± 0,2 an)
YG20	WC20Co	Dureté : HV 1000 - 1300±50, Ténacité : K_{IC} 1820 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 13,5 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >2600 MPa±50	Fabrication de moules, machines générales	Noyau de moule de formage de poudre, noyau de valve hydraulique	Poudre céramique pressée (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm), vannes hydrauliques (taux de fuite < 10^{-6} Pa·m³/s ± 10^{-7} Pa·m³/s)
YL10.2	WC10Co (grain fin)	Dureté : HV 1600 - 1900±50, Ténacité : K_{IC} 911 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 14,5 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >4000 MPa±50	Traitement de découpe, industrie électronique	Fraise intégrale, micro-perceuse pour PCB, micro-outil	Perçage de circuits imprimés (diamètre du trou 0,11 mm ± 0,005 mm, durée de vie > 10^5 trous ± 10^4 trous), fraisage d'acier à outils (Ra < 0,8 µm ± 0,01 µm)
YU12	WC12Co (grain fin)	Dureté : HV 1700 - 2000±50, Ténacité : K_{IC} 810 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 14,3 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >4200 MPa±50	Aérospatiale, usinage par découpe	Forets et fraises en matériaux composites	Perçage de fibre de carbone (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm), fraisage d'alliage de titane (vitesse de coupe > 200 m/min ± 10 m/min)
YN10	WC10Ni	Dureté : HV 1400 - 1700±50, Résistivité : <12 µΩ·cm±0,1 µΩ·cm , Densité : 14,6 g/cm³ ± 0,1, Résistance à la flexion : >2000 MPa±50	Électronique, énergie et chimie	Tige conductrice, noyau de valve résistant à la corrosion	Tiges de contact de batterie (rendement > 99 % ± 1 %), vannes d'huile (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures)
YT15	WC6	Dureté : HV 1500 - 1800±50, Ténacité : K_{IC} 810 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 12,8 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >1500 MPa±50	Traitement de découpe, fabrication automobile	Tarauds, forets	Traitement de trous filetés (écart de pas < 0,005 mm ± 0,001 mm), perçage de cylindres de moteur (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
YT5	WC8	Dureté : HV 1300 - 1600±50, Ténacité : K_{IC} 1012 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 12,5 g/cm³± 0,1, Résistance à la flexion : >1700 MPa±50	Découpe, construction	Alésoirs, fraises à pierre	Alésage de trous de palier (Ra<0,4 µm±0,01 µm), fraisage de granit (durée de vie>5000 m±500 m)
K10	WC6Co (ISO)	Dureté : HV 1600 - 1900±50, Ténacité : K_{IC} 911 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 14,9 g/cm³± 0,1, Résistance à la flexion : >1800	Industrie de la découpe,	Fraise dentaire, micro-foret PCB,	Perçage de dents (vitesse de rotation > 10^5 tr/min ± 10^4 tr/min), perçage de cartes PCB (écart

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	Ingrédients principaux	Paramètres de performance	Domaines d'application	Utilisation spécifique	Exemples typiques
		MPa±50	médicale et électronique	foret de précision	d'ouverture < 0,001 mm ± 0,0002 mm)
K20	WC8Co (ISO)	Dureté : HV 1400 - 1700±50, Ténacité : K_{Ic} 1214 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 14,7 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >2000 MPa±50	Découpe, exploitation minière, travail du bois	Forets miniers, fraises à bois	Forage de minerai (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h), fraisage de contreplaqué (Ra < 0,8 µm ± 0,01 µm)
K30	WC10Co (ISO)	Dureté : HV 1300 - 1600±50, Ténacité : K_{Ic} 1416 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 14,5 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >2200 MPa±50	de moules , pièces résistantes à l'usure	Noyau de filière d'extrusion, noyau de buse	Tube en aluminium extrudé (écart d'épaisseur de paroi < 0,02 mm ± 0,005 mm), buse à jet d'eau haute pression (écart de débit < 1 % ± 0,1 %)
P10	WCtIcTaC6	Dureté : HV 1700 - 2000±50, Ténacité : K_{Ic} 79 MPa·m$^{1/2}$± 0,5, Densité : 11,5 g/cm³± 0,1, Résistance à la flexion : >1400 MPa±50	Découpe, aérospatiale	Fraises, forets composites	Fraisage à grande vitesse d'acier trempé (vitesse de coupe > 200 m/min ± 10 m/min), perçage d'alliage de titane (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
P20	WCtIcTaC8	Dureté : HV 1600 - 1900±50, Ténacité : K_{Ic} 810 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 11,8 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >1500 MPa±50	Traitement de découpe, fabrication automobile	Outils de fraisage, forets	Fraisage de vilebrequins (Ra<0,8 µm±0,01 µm), perçage de châssis (écart de diamètre de trou<0,05 mm±0,01 mm)
M10	WCTiCNi6Co	Dureté : HV 1500 - 1800±50, Ténacité : K_{Ic} 911 MPa·m$^{1/2}$± 0,5, Densité : 12,0 g/cm³± 0,1, Résistance à la flexion : >1600 MPa±50	Électronique, énergie et chimie	Noyau de moule d'emballage de puces, foret résistant à la corrosion	Conditionnement de semi-conducteurs (cycle < 1 s ± 0,1 s), perçage de canalisations d'eau de mer (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
M20	WCTiCNi8Co	Dureté : HV 1400 - 1700±50, Ténacité : K_{Ic} 1012 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Densité : 12,2 g/cm³±0,1, Résistance à la flexion : >1700 MPa±50	Pièces résistantes à l'usure, construction navale	Bagues résistantes à l'usure, forets de coque	Manchons de pompe (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h), plaques d'acier de coque percées (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)

Différentes tailles et tableaux d'application des tiges/colonnes/bandes en carbure cémenté

formulaire	Dimensions	Exigences de performance	Domaines d'application	Utilisation spécifique	Exemples typiques
En forme de tige	Diamètre : 0,13 mm ± 0,01 mm, Longueur : 10 - 50 mm ± 0,5 mm	Dureté : HV 2500 - 3500±50, Précision : < 0,002 mm±0,0005 mm, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Durée de vie : > 10^5 trous ± 10^4 trous	Industrie électronique, médicale	Micro-foret PCB, foret dentaire, micro-outil	Perçage de circuits imprimés pour smartphones (diamètre du trou 0,11 mm ± 0,005 mm, écart < 0,001 mm ± 0,0002 mm), perçage dentaire (vitesse de rotation > 10^5 tr/min ± 10^4 tr/min)
En forme	Diamètre : 3 - 10 mm ±	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Précision : < 0,005	Découpe,	Forets de	Perçage de substrats de copeaux (écart

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

formulaire	Dimensions	Exigences de performance	Domaines d'application	Utilisation spécifique	Exemples typiques
de tige	0,05 mm, Longueur : 50 - 150 mm ± 1 mm	mm±0,001 mm, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁴trous ± 10 ³trous	travail du bois, bambou et produits du bois	précision pour le travail du bois, fraises à bois en bambou	d'ouverture < 0,002 mm ± 0,0005 mm), fraisage de planches de bambou (Ra < 0,8 μm ± 0,01 μm)
En forme de tige	Diamètre : 10 - 20 mm ± 0,1 mm, Longueur : 100 - 300 mm ± 2 mm	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >5000 m±500 m	Découpe, aérospatiale, fabrication automobile	Fraise monobloc, foret composite, outil de fraisage	Fraisage d'alliage d'aluminium aéronautique (vitesse de coupe > 200 m/min ± 10 m/min), perçage de fibre de carbone (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
En forme de tige	Diamètre : 20 - 50 mm ± 0,2 mm, Longueur : 200 - 500 mm ± 3 mm	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁴trous ±10 ³trous	Exploitation minière, construction, fabrication automobile	Forets miniers, forets à béton, forets ferroviaires	Forage de roche (vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h), forage de rail (écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
Cylindrique	Diamètre : 15 mm ± 0,05 mm, Longueur : 10 - 100 mm ± 1 mm	Dureté : HV 2000 - 3000±50, Coefficient de frottement : < 0,15±0,01, Résistance à l'usure : Taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : > 10 ⁶ m ± 10 ⁵ m	Fabrication de moules, industrie électronique	Noyau de filière de tréfilage, tige conductrice	Fil de cuivre brossé (écart de diamètre < 0,002 mm ± 0,0005 mm), tige de contact de batterie (efficacité > 99 % ± 1 %)
Cylindrique	Diamètre : 5 - 10 mm ± 0,1 mm, Longueur : 50 - 200 mm ± 2 mm	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance à la pression : >100 MPa±10 MPa, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Durée de vie : >10 ⁶ fois ±10 ⁵ fois	Fabrication de moules, machines générales	Noyau de matrice d'emboutissage, noyau de matrice de cisaillement	Poinçonnage d'écrous (écart < 0,005 mm ± 0,001 mm), cisaillement de fil (durée de vie > 10 ⁶ fois ± 10 ⁵ fois)
Cylindrique	Diamètre : 10 - 20 mm ± 0,2 mm, Longueur : 100 - 300 mm ± 3 mm	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance à la pression : >150 MPa±10 MPa, Résistance à la fatigue : >10 ⁶ fois±10 ⁵ fois, Durée de vie : >10 ⁴ heures±10 ³ heures	Pièces résistantes à l'usure, aérospatiale, construction navale	Manchon résistant à l'usure, noyau d'arbre résistant à l'usure, noyau de soupape résistant à la corrosion	Manchon de pompe (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h), noyau de valve marine (service > 5 ans ± 0,5 an)
Cylindrique	Diamètre : 20 - 50 mm ± 0,5 mm, Longueur : 200 - 500 mm ± 5 mm	Dureté : HV 1500 - 2000±50, Résistance à la pression : >200 MPa±10 MPa, Résistance à la corrosion : Perte de masse <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Durée de vie : >10 ⁴ heures ±10 ³ heures	Pièces résistantes à l'usure, industrie énergétique et chimique,	Noyau de buse, noyau de valve, manchon	Buses à jet d'eau haute pression (écart de débit < 1 % ± 0,1 %), vannes à pétrole (taux de fuite < 10 ⁻⁶ Pa·m³ / s ± 10 ⁻⁷ Pa·m³ / s)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

formulaire	Dimensions	Exigences de performance	Domaines d'application	Utilisation spécifique	Exemples typiques
			ferroviaire		
Bande	Largeur : 5 - 20 mm ± 0,2 mm, Épaisseur : 210 mm ± 0,1 mm, Longueur : 100 - 300 mm ± 3 mm	Dureté : HV 1800 - 2500±50, Résistance aux chocs : >100 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : >10 ^{4}h ± 10 ^{3}h	Découpe, exploitation minière, machines générales	Lames de couteau, lames de tunnelier, bandes d'usure	Découpe de plaques d'acier (durée de vie > 5000 m ± 500 m), creusement de tunnels (durée de vie > 2 ans ± 0,2 an)
Bande	Largeur : 20 - 50 mm ± 0,5 mm, Épaisseur : 10 - 20 mm ± 0,2 mm, Longueur : 200 - 500 mm ± 5 mm	Dureté : HV 1600 - 2200±50, Résistance aux chocs : >150 J±10 J, Résistance à l'usure : Taux d'usure <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Durée de vie : >10 ^{4}h ± 10 ^{3}h	Exploitation minière, construction, machines agricoles	Barres de broyage pour le traitement du minerai, barres de concassage, barres de revêtement résistantes à l'usure	Broyage du minerai (perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h), concassage du béton (durée de vie > 2 ans ± 0,2 an)

Description du tableau

Classification morphologique :

Forme de tige : section circulaire, diamètre 0,150 mm ± 0,010,2 mm, longueur 10 - 500 mm ± 0,53 mm, convient pour la découpe et le perçage rotatifs, tels que le micro-foret PCB (diamètre 0,13 mm ± 0,01 mm), la fraise (diamètre 10 - 20 mm ± 0,1 mm).

Cylindrique : section circulaire, diamètre 1 - 50 mm ± 0,050,5 mm, longueur 10 - 500 mm ± 15 mm, mettant l'accent sur la résistance à la pression et à l'usure, comme le noyau de la matrice de tréfilage (diamètre 15 mm ± 0,05 mm), le manchon d'arbre (diamètre 1050 mm ± 0,20,5 mm).

Bande : section rectangulaire ou carrée, largeur 5 - 50 mm ± 0,20,5 mm, épaisseur 2 - 20 mm ± 0,10,2 mm, longueur 100 - 500 mm ± 35 mm, utilisée pour les bandes de couteaux, les bandes de revêtement résistantes à l'usure, telles que les bandes de couteaux de tunnelier (largeur 20 - 50 mm ± 0,5 mm).

Dimensions:

Diamètre/largeur/épaisseur : couvre les dimensions petites (comme le micro-foret PCB, 0,13 mm ± 0,01 mm) à grandes (comme le manchon, 20 - 50 mm ± 0,5 mm), avec une précision conforme à la norme ISO 1832 (outils de coupe), ISO 3369 (mesure dimensionnelle).

Longueur : de courte (10 - 50 mm ± 0,5 mm, micro-foret PCB) à longue (200 - 500 mm ± 35 mm, foret minier), prise en charge de la découpe personnalisée (tolérance +2/0 mm).

Exigences de performance :

Dureté : HV 1500 - 3500±50 (ASTM E384), comme le micro-perçage PCB (HV 2500 - 3500±50).

Précision : < 0,002 mm ± 0,0005 mm (micro-foret PCB) à < 0,01 mm ± 0,001 mm (fraise), conformément à la norme

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ISO 1832.

Résistance à l'usure : taux d'usure < 0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m (ASTM G65), comme le noyau de la matrice de tréfilage.

Résistance à la pression/résistance aux chocs : Résistance à la pression > 100 - 200 MPa ± 10 MPa (ISO 3327), résistance aux chocs > 100 - 150 J ± 10 J (ASTM E23), comme les bagues, les forets miniers.

Résistance à la corrosion : Perte de masse < 0,06 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 (ISO 9227), par exemple noyau de valve.

Durée de vie : outils de coupe > 5000 m ± 500 m ou > 10^4 10^5 trous ± 10^3 10^4 trous, moules > 10^6 fois ± 10^5 fois, pièces d'usure > 10^4 heures ± 10^3 heures.

Domaines d'application et utilisations spécifiques :

Industrie électronique : Micro perceuse PCB (diamètre 0,13 mm ± 0,01 mm) : perçage de cartes PCB multicouches, cartes HDI, diamètre de trou 0,11 mm ± 0,005 mm, précision < 0,002 mm ± 0,0005 mm, durée de vie > 10^5 trous ± 10^4 trous.

Tige conductrice (diamètre 15 mm ± 0,05 mm), micro fraise (diamètre 310 mm ± 0,05 mm).

Découpe : fraise (diamètre 10 - 20 mm ± 0,1 mm), foret (diamètre 3 - 50 mm ± 0,050,2 mm), taraud (diamètre 10 - 20 mm ± 0,1 mm).

de moules : noyau de tréfilage (diamètre 15 mm ± 0,05 mm), noyau d'emboutissage (diamètre 5 - 10 mm ± 0,1 mm), noyau de frappe à froid (diamètre 1020 mm ± 0,2 mm).

Pièces résistantes à l'usure : manchon (diamètre 10 - 50 mm ± 0,20,5 mm), noyau de buse (diamètre 20 - 50 mm ± 0,5 mm), noyau de bague d'étanchéité (diamètre 1020 mm ± 0,2 mm).

Autres : Aéronautique (forets composites, diamètre 10 - 20 mm ± 0,1 mm), minier (lames de foreuse routière, largeur 20 - 50 mm ± 0,5 mm), médical (forets dentaires, diamètre 0,13 mm ± 0,01 mm).

Exemples typiques :

Micro-perceuse PCB (diamètre 0,13 mm ± 0,01 mm) : perçage de la carte HDI de la station de base 5G, écart de diamètre du trou < 0,001 mm ± 0,0002 mm, rugosité de surface Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm .

Fraise monobloc (diamètre 10 - 20 mm ± 0,1 mm) : fraisage d'acier moulé, vitesse de coupe > 200 m/min ± 10 m/min, durée de vie > 5000 m ± 500 m.

Noyau de filière de tréfilage (diamètre 1 - 5 mm ± 0,05 mm) : fil d'or de tréfilage, écart de diamètre < 0,002 mm ± 0,0005 mm, durée de vie > 10^6 m ± 10^5 m.

Manchons résistants à l'usure (diamètre 10 - 50 mm ± 0,20,5 mm) : utilisés pour les arbres de pompe, perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h, durée de vie > 5 ans ± 0,5 an.

de fraise (largeur 20 - 50 mm ± 0,5 mm) : Forage de tunnels, durée de vie > 2 ans ± 0,2 an.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Spécifications des tiges perforées en carbure

taper	Forme transversale	Type de matériau	Diamètre/Taille Portée (mm)	Plage de longueur (mm)	Nombre de trous	Plage d'ouverture (mm)	Distance du trou (mm)	spirale angle	tolérance	Traitement de surface	Remarque
Simple ligne droite Tige de trou	Rond	WC6Co, WC10Co	2,06,0 ± 0,02	30 - 330 ±1,0	1	0,31,5 ±0,01	Trou central		h6, h7 (ISO 286)	Meulage, revêtement DLC	Pour les micro-forets, diamètre typique 4 mm, diamètre du trou 0,8 mm (comme le perçage de PCB, précision < 0,002 mm ± 0,0005 mm,)
		Wlq	6.112.0 ±0.03	50 - 600 ±1,0	1	1,63,0 ±0,02	Trou central		h6, h8	Meulage, revêtement TiN	Pour le perçage de trous profonds, diamètre typique 10 mm, diamètre de trou 2 mm (comme le traitement des moteurs automobiles)
		WCTC	12,125,0 ±0,05	100 - 1000 ±2,0	1	3,16,0 ± 0,03	Trou central		h7, h9	Broyage, revêtement CrN	Pour perçage au canon, diamètre typique 20 mm, diamètre du trou 5 mm (par exemple trous profonds dans l'acier de matrice)
		WC15Co	25.160.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	1	6.112.0 ±0.05	Trou central		h8, h10	Polissage, revêtement TiB_2	Pour forage lourd, diamètre typique 50 mm, diamètre du trou 10 mm (par exemple forage minier,)
Double quinte Tige de trou	Rond	WC6Co, WC8Co	3,08,0 ±0,02	50 - 330 ±1,0	2	0,32,0 ±0,01	0,83,0 ±0,05		h6, h7	Meulage, revêtement TiN	Pour les forets de haute précision, diamètre typique 6 mm, diamètre du trou 1 mm, espacement des trous 2 mm (tels que les matériaux composites aéronautiques)
		WC10Ni	8,115,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	2	2,14,0 ± 0,02	3,16,0 ± 0,05		h6, h8	Rectification, revêtement AlTiN	Pour l'usinage de trous profonds, diamètre typique 12 mm, diamètre de trou 3 mm, distance de trou 4 mm (comme l'usinage de moules)
		WCt	15.130.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	2	4,18,0 ± 0,03	6.110.0 ±0.1		h7, h9	Rectification, revêtement CrN	Pour les fraises à haute efficacité de refroidissement, généralement de 20 mm de diamètre, 6 mm de diamètre de trou, 8 mm d'espacement de trou (par exemple, pièces automobiles)
		WC20Co	30.180.0 ±0.1	200 - 2000 ±5,0	2	8.115.0 ±0.05	10.120.0 ±0.1		h8, h10	Polissage, revêtement TiC	Pour les gros forets, généralement de 50 mm de diamètre, 10 mm de diamètre de trou, 15 mm d'espacement de trou (par exemple, forage pétrolier et gazier)
Tige à trois	Rond	WC8Co, WC10Co	6,015,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	3	0,53,0 ±0,02	1,55,0 ±0,05		h6, h8	Rectification, revêtement	Pour les forets de refroidissement multicanaux, diamètre typique 12

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

taper	Forme transversale	Type de matériau	Diamètre/Taille Portée (mm)	Plage de longueur (mm)	Nombre de trous	Plage d'ouverture (mm)	Distance du trou (mm)	spirale angle	tolérance	Traitement de surface	Remarque
trous droits										AlTiN	mm, diamètre du trou 2 mm, espacement des trous 3 mm (comme les moteurs d'avion)
		WC12Ni	15.140.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	3	3,16,0 ± 0,03	5.110.0 ±0.1		h7, h9	Rectification, CrN revêtement	Pour la coupe à forte charge, diamètre typique 30 mm, diamètre du trou 5 mm, distance du trou 8 mm (par exemple, construction navale)
Tige à quatre trous droits	Rond	WC10Co, WCTiC	10,030,0 ±0,05	150 - 1000 ±2,0	4	0,54,0 ±0,02	2,08,0 ±0,1		h7, h9	Rectification, revêtement TiB_2	Pour une efficacité de refroidissement ultra-élevée, diamètre typique 20 mm, diamètre du trou 3 mm, espacement des trous 5 mm (comme les machines lourdes)
		WC15Co	30,1100,0 ±0,1	200 - 2000 ±5,0	4	4.110.0 ±0.05	8.115.0 ±0.1		h8, h10	Polissage, Revêtement Al_2O_3	Pour les grandes fraises, généralement de 60 mm de diamètre, de 8 mm de diamètre de trou, d'un espacement de 12 mm entre les trous (par exemple, équipement minier)
Tige à trou en spirale simple	Rond	WC6Co, WC8Co	2,06,0 ± 0,02	30 - 330 ±1,0	1	0,31,5 ±0,01	Trou central	15°45°±1°	h6, h7	Meulage, revêtement DLC	Pour les perceuses à grande vitesse, diamètre typique 4 mm, diamètre du trou 0,8 mm, spirale 30° (comme le perçage de PCB, précision < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
		WC10Ni	6.112.0 ±0.03	50 - 600 ±1,0	1	1,63,0 ±0,02	Trou central	20°45°±1°	h6, h8	Rectification, revêtement AlTiN	Pour fraises à trous profonds, diamètre typique 10 mm, diamètre du trou 2 mm, hélicoïdal à 40° (par exemple, usinage d'alliages de titane)
		WCTC	12,125,0 ±0,05	100 - 1000 ±2,0	1	3,16,0 ± 0,03	Trou central	25°45°±1°	h7, h9	Rectification, revêtement CrN	Pour forets hautes performances, diamètre typique 20 mm, diamètre du trou 5 mm, hélice 30° (ex. aérospatiale)
		WC15Co	25.160.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	1	6.112.0 ±0.05	Trou central	30°45°±1°	h8, h10	Polissage, revêtement TiB_2	Pour coupes lourdes, diamètre typique 50 mm, diamètre du trou 10 mm, spirale 40° (par exemple forage minier)
Tige à double trou	Rond	WC6Co, WC8Co	3,08,0 ± 0,02	50 - 330 ±1,0	2	0,32,0 ±0,01	0,83,0 ±0,05	15°45°±1°	h6, h7	Meulage, revêtement TiN	Pour fraises à grande vitesse, diamètre typique 6 mm, diamètre du trou 1 mm, pas du trou 2 mm, spirale

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

taper	Forme transversale	Type de matériau	Diamètre/Taille Portée (mm)	Plage de longueur (mm)	Nombre de trous	Plage d'ouverture (mm)	Distance du trou (mm)	spirale angle	tolérance	Traitement de surface	Remarque
hélicoïdal											30° (comme le traitement de l'acier inoxydable)
		WC10Co	8,115,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	2	2,14,0 ± 0,02	3,16,0 ± 0,05	20°45°±1°	h6, h8	Rectification, revêtement AlTiN	Pour perçage de trous profonds, diamètre typique 12 mm, diamètre de trou 3 mm, distance de trou 4 mm, spirale 40° (comme le traitement de moules)
		WC12Ni	15.130.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	2	4,18,0 ± 0,03	6.110.0 ±0.1	25°45°±1°	h7, h9	Rectification, revêtement CrN	Pour une coupe à haute efficacité, diamètre typique 20 mm, diamètre du trou 6 mm, pas du trou 8 mm, spirale 30° (comme les pièces automobiles)
		WC20Co	30.180.0 ±0.1	200 - 2000 ±5,0	2	8.115.0 ±0.05	10.120.0 ±0.1	30°45°±1°	h8, h10	Polissage, revêtement TiC	Pour fraises robustes, diamètre typique 50 mm, diamètre du trou 10 mm, pas du trou 15 mm, hélicoïdal 40° (comme les moteurs d'avion)
Tige à trois trous en spirale	Rond	WC8Co, WC10Co	6,020,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	3	0,54,0 ±0,02	1,56,0 ± 0,05	20°45°±1°	h6, h8	Rectification, revêtement AlTiN	Pour fraises à refroidissement multicanaux, diamètre typique 15 mm, diamètre du trou 3 mm, espacement des trous 4 mm (tels que les matériaux composites aéronautiques)
		WCTC	20.150.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	3	4.110.0 ±0.05	6.112.0 ±0.1	25°45°±1°	h8, h10	Polissage, revêtement TiB_2	Pour coupes lourdes, diamètre typique 40 mm, diamètre du trou 8 mm, distance du trou 10 mm (par exemple, construction navale)
Tige à trou de forme spéciale	Cercle/Ovale	WC10Co, WCNi	5,030,0 ±0,05	100 - 1000 ±2,0	14	0,58,0 ±0,03	1,010,0 ±0,1	0°45°±1°	h7, h9	Rectification, revêtement CrN	Pour forets personnalisés, diamètre typique 20 mm, trou ovale 5 × 3 mm (tel que traitement spécial,)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Spécifications des tiges en carbure sans trou

Morphologie	section forme	Type de matériau	Plage de diamètres/tailles (mm)	Plage de longueur (mm)	tolérance ISO 286	Traitement de surface	Remarque
En forme de tige	Rond	WC6Co, WC8Co	0,051,0 ±0,005	550 ± 0,3	h5, h6	Meulage, revêtement DLC	Pour les forets ultra-micro, diamètre typique 0,1 mm (tels que les micro-forets pour PCB, précision < 0,001 mm ± 0,0002 mm)
		WC10Co, WCNi	1,13,0 ± 0,01	10 - 100 ± 0,5	h6, h7	Meulage, revêtement TiN	Pour les forets dentaires, diamètre typique 2 mm (par exemple restaurations dentaires, vitesse de rotation > 10^5 tr/min ± 10^4 tr/min)
		WCTC	3,16,0 ± 0,02	30 - 150 ±0,5	h6, h7	Rectification, revêtement AlTiN	Pour fraises de précision, diamètre typique 4 mm (par exemple, traitement de moules électroniques)
		WC12Co	6.112.0 ±0.03	50 - 330 ±1,0	h6, h8	Rectification, revêtement CrN	Pour fraises monoblocs, diamètre typique 10 mm, longueur 330 mm (ISO 1832, alliage d'aluminium aéronautique)
		WC15Co	12.120.0 ±0.05	100 - 600 ±1,0	h6, h8	Rectification, revêtement TiB_2	Forets pour matériaux composites, diamètre typique 16 mm (par exemple perçage de fibre de carbone, écart de diamètre de trou < 0,05 mm ± 0,01 mm)
		WC20Co	20.150.0 ±0.1	200 - 1500 ±2,0	h7, h9	Meulage et polissage	Trépans pour l'exploitation minière, diamètre typique 30 mm (par exemple, forage de roche, vitesse de forage > 1 m/h ± 0,1 m/h)
		WCt	50,1100,0 ±0,2	500 - 3000 ±5,0	h8, h10	Frittage, usinage grossier	Pour une utilisation dans les carottes de coupe de machines à attaque ponctuelle , diamètre typique 80 mm (par exemple, forage de tunnels)
		WC25Co	100,1500,0 ±0,5	1000 - 5000 ±10,0	h9, h11	Frittage, sablage	Pour les tiges de broyage de traitement du minerai, diamètre typique 300 mm (comme le broyage du minerai, perte de masse < 0,1 g/h ± 0,01 g/h,)
	Ovale	WC10Co, WCNi	Axe long 1,020,0 ±0,05, axe court 0,510,0 ±0,05	50 - 600 ±1,0	h6, h8	Rectification, revêtement CrN	Pour les noyaux de moules spéciaux, taille typique 10 × 5 mm (tels que les matrices de tréfilage de forme spéciale)
	Semi-circulaire	WC8Co, WC12Co	Rayon 2,030,0 ±0,05	50 - 1000 ±2,0	h7, h9	Meulage, revêtement TiC	Pour rails de guidage résistants à l'usure, rayon typique 15 mm (par exemple positionnement mécanique)
Bande	rectangle	WC6Co, WC10Co	Largeur 1,010,0 ±0,02, épaisseur 0,55,0 ±0,02	10 - 200 ± 0,5	h6, h7	Meulage, revêtement DLC	Pour les micro-ébauches d'outils, taille typique 5 × 2 mm (comme le traitement de moules électroniques)
		WC15Co	Largeur 10.120.0 ±0.05, Épaisseur 5.110.0 ±0.05	50 - 400 ±1,0	h6, h8	Meulage, revêtement TiN	Pour les lames de travail du bois, taille typique 15×8 mm (par exemple, découpe de contreplaqué)
		WC20Co	Largeur 20.150.0 ±0.1, Épaisseur 10.120.0 ±0.1	10 - 0800 ±2,0	h7, h9	Polissage, revêtement CrN	Pour les lames de poinçonnage, taille typique 30×15 mm (par exemple, cisailles à métaux)
		WCTC	Largeur	200 - 1500	h8, h10	Frittage, sablage	Utilisé pour le revêtement du concasseur, taille typique 100 × 40

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Morphologie	section forme	Type de matériau	Plage de diamètres/tailles (mm)	Plage de longueur (mm)	tolérance ISO 286	Traitement de surface	Remarque
			50.1150.0 ±0.2, Épaisseur 20.150.0 ±0.2	±5,0			mm (comme le concassage minier)
	Carré	WC8Co, WC12Co	Longueur du côté 1,010,0 ±0,02	10 - 200 ± 0,5	h6, h7	Rectification, revêtement AlTiN	Pour les guides de précision, longueur de côté typique de 5 mm (par exemple, équipement électronique)
		WC15Co	Longueur du côté 10,130,0 ±0,05	50 - 600 ±1,0	h7, h9	Rectification, revêtement TiB_2	Pour bandes d'usure, longueur latérale typique de 20 mm (par exemple pièces d'usure mécaniques)
		WC20Co	Longueur du côté 30.1100.0 ±0.2	100 - 1000 ±2,0	h8, h10	Frittage, sablage	Pour les lames lourdes, généralement d'une longueur de bord de 50 mm (par exemple, concassage de construction)
	triangle	WC10Co, WCNi	Longueur du côté 2,020,0 ±0,05	50 - 400 ±1,0	h6, h8	Rectification, revêtement CrN	Pour les ébauches d'outils spéciaux, longueur de côté typique de 10 mm (par exemple, gravure décorative)
	trapèze	WC8Co, WC12Co	Base supérieure 2,020,0 ±0,05, base inférieure 3,030,0 ±0,05, hauteur 1,015,0 ±0,05	50 - 600 ±1,0	h7, h9	Meulage, revêtement TiC	Pour les inserts résistants à l'usure, taille typique 10×15×8 mm (par exemple, convoyeurs miniers)
De colonne	cylindre	WC6Co, WC10Co	0,55,0 ±0,02	5 - 100 ± 0,5	h6, h7	Polissage miroir, revêtement DLC	Pour le noyau de la matrice de tréfilage, diamètre typique de 3 mm (comme le tréfilage de fil de cuivre, écart < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
		WC15Co	5.120.0 ±0.05	20 - 200 ±1,0	h6, h8	Polissage, revêtement CrN	Pour le poinçonnage de noyaux de matrice, diamètre typique 10 mm (par exemple poinçonnage d'écrous automobiles)
		WC20Co	20.150.0 ±0.1	50 - 400 ± 2,0	h7, h9	Meulage, revêtement TiC	Pour noyau de filière d'extrusion, diamètre typique 30 mm (comme l'extrusion de tube en aluminium, écart d'épaisseur de paroi < 0,02 mm ± 0,005 mm)
		WCtC	50,1200,0 ±0,2	100 - 1000 ±5,0	h8, h10	Frittage, sablage	Pour le noyau de matrice de frappe à froid, diamètre typique 100 mm (par exemple, frappe à froid de boulons)
	Colonne hexagonale	WC10Co, WCNi	Marge 2,020,0 ±0,05	50 - 400 ±1,0	h6, h8	Rectification, revêtement CrN	Pour les noyaux hexagonaux, distance de bord typique de 10 mm (par exemple, moulage de fixation)
		WC15Co	Marge 20.150.0 ±0.1	100 - 800 ±2,0	h7, h9	Polissage, Revêtement Al_2O_3	Pour les poteaux de guidage résistants à l'usure, distance de bord typique de 30 mm (tels que les rails de guidage mécaniques)
	colonne octogonale	WC8Co, WC12Co	Marge 5,030,0 ±0,05	50 - 600 ±1,0	h7, h9	Rectification, revêtement TiB_2	Pour les noyaux de moules spéciaux, distance de bord typique de 20 mm (tels que les moules décoratifs)
	Colonne étoile	WC10Co, WCNi	Diamètre du cercle circonscrit 5,040,0 ±0,1	50 - 600 ±2,0	h7, h9	Rectification, revêtement CrN	Pour pièces d'usure personnalisées, diamètre typique 20 mm (par exemple, traitement artistique)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

Introduction des goujons en carbure

Les goujons en carbure sont des composants hautes performances et résistants à l'usure, fabriqués en carbure de tungstène et autres alliages durs grâce à des procédés de fabrication de précision. Conçus pour les environnements industriels à forte usure, à forts impacts et corrosifs, ils sont reconnus pour leur dureté extrême, leur excellente ténacité et leur longue durée de vie. Ils sont largement utilisés dans les secteurs minier, des machines d'ingénierie, des engins de chantier, de l'énergie, des ports et des docks, de la métallurgie et de la chimie, de l'agriculture, de la foresterie et de la construction navale. Qu'il s'agisse du godet d'une excavatrice, du marteau d'un concasseur ou des pièces résistantes à l'usure d'un convoyeur portuaire, les goujons en carbure améliorent considérablement la durabilité et l'efficacité opérationnelle des équipements, tout en réduisant les coûts de maintenance.

Cet article présentera de manière exhaustive les composants clés de ce domaine industriel sous l'angle des propriétés des matériaux, des spécifications de base, des processus de fabrication, des utilisations et des scénarios d'application, des avantages, des défis et des solutions, ainsi que des développements futurs.

1. Composition du matériau et caractéristiques des goujons en carbure cémenté

1.1 composition

1.2

La formulation du matériau des goujons en carbure est soigneusement conçue pour équilibrer la dureté, la ténacité et la résistance à la corrosion :

Phase dure : carbure de tungstène (WC, 80-95 %), offrant une excellente dureté et une excellente résistance à l'usure. Certaines formules sont dopées au carbure de titane (TiC , 15 %) ou au carbure de tantale (TaC , 0,52 %) pour améliorer la stabilité à haute température ou la résistance à l'oxydation.

Phase liante : Le cobalt (Co, 515 %) est le liant principal, améliorant la ténacité et la résistance aux chocs. Le nickel (Ni, 510 %) est utilisé dans des formules spécifiques pour améliorer la résistance à la corrosion et convient aux environnements acides ou humides.

Additifs : des traces de chrome (Cr, 0,11 %), de vanadium (V, 0,05 à 0,5 %) ou de molybdène (Mo, 0,1 à 0,8 %) sont utilisées pour affiner les grains, inhiber la croissance des grains et améliorer la résistance à la corrosion et à l'oxydation à haute température.

1.2 Principales caractéristiques des goujons en carbure

La performance des goujons en carbure est due à leur microstructure optimisée :

Dureté : HRA 86 - 92 (HV 1200 - 1700), dépassant de loin l'acier à haute teneur en manganèse (HRC 20 - 50) ou la fonte à haute teneur en chrome (HRC 50 - 60).

Ténacité à la rupture : 6,510 MPa·m^1/2, meilleure que le carbure cémenté ordinaire (57 MPa·m^1/2), résistant à la rupture par impact élevé.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Résistance à l'usure : taux d'usure de 0,01 à 0,02 mm^3/ N·m (ASTM G65), 1,52 fois inférieur à celui de la fonte à haute teneur en chrome.
Résistance à la compression : 4000 - 6000 MPa, convient aux impacts de charges lourdes.
Densité : 13,815,2 g/cm^3, résistance et poids équilibrés.
Résistance à la corrosion : Taux de corrosion < 0,07 mm/an à pH 49 ; les formulations ou revêtements à base de nickel peuvent résister à un pH de 210.
Résistance à la température : 20°C à 800°C, certaines formulations peuvent supporter 1000°C pendant une courte durée.

1.3 Avantages de la microstructure des goujons en carbure cémenté

Les crampons adoptent généralement une structure à grain fin (0,52 micron) ou à grain ultra-fin (0,20,5 micron), les avantages incluent :
Dureté élevée : les grains fins augmentent la zone limite des grains, améliorant ainsi la résistance à la déformation et à l'usure.
Excellente ténacité : le raffinement du grain disperse les contraintes et réduit la propagation des fissures.
Stabilité à l'usure : réduit les micro-écaillages, maintient la surface lisse et prolonge la durée de vie.

2. Spécifications de base des goujons en carbure

Les goujons en carbure sont disponibles dans diverses spécifications. Voici les spécifications et paramètres courants (se référer aux normes industrielles et aux données du fabricant) :

Géométrie des goujons en carbure :
Cylindrique : le plus courant, adapté à l'incrustation ou au brasage.
Conique : pour les scénarios de pénétration élevée, tels que les outils de forage de roche.
Tête hémisphérique ou plate : zone de contact améliorée, adaptée aux surfaces résistantes à l'usure.
Formes personnalisées : trapèze, polygone, etc. pour répondre à des conditions de travail spécifiques.

Dimensions des goujons en carbure :
Diamètre : 3 - 60 mm (6 - 30 mm courant).
Longueur : 5 - 120 mm (10 - 50 mm courant).
Tolérance : ±0,02 mm (usinage de haute précision).

Poids du goujon en carbure :
Chaque pièce pèse 0,053 kg et convient à l'incrustation ou à la fixation mécanique.

Rugosité de surface :
Ra 0,3 - 0,8 μm , réduit la friction et l'adhérence du matériau.

Degré de dureté :
Norme : HRA 86 - 89 (applications minières, construction).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Dureté élevée : HRA 89 - 92 (usure extrême, comme le forage de roche).

Formule du matériau :
WCCo (usage général) : Teneur en cobalt 6 - 12 %, HRA 87 - 91, ténacité élevée.
WCNi (type résistant à la corrosion) : Teneur en nickel 510 %, adapté aux environnements acides.
WCTiCTaC (type haute température) : résistance à la température 800 - 1000°C.

Méthode d'installation :
Brasage : Brasage haute température (9001100°C), force de liaison >200 MPa.
Montage mécanique : pressage à froid ou à chaud, temps de pose <10 minutes.
Fixation par boulon : pour pièces amovibles.

Traitement de surface :
Polissage : Ra 0,20,4 μm , résistant à la fatigue.
Revêtement : TiN (HV 20002500), DLC (coefficient de frottement 0,10,2).

Conformité aux normes :
Système de gestion de la qualité ISO 9001.
ASTM B771 (test d'usure), ISO 3878 (test de dureté).

Exemples de produits typiques de goujons en carbure :
Goujons miniers : diamètre 10 - 20 mm, longueur 20 - 40 mm, HRA 88 - 90, durée de vie 4000 - 8000 heures.
Goujons concasseurs : diamètre 20 - 40 mm, longueur 30 - 60 mm, HRA 89 - 92, résistance aux chocs < 100 Hz.
Pièces d'usure portuaires : diamètre 15 - 30 mm, longueur 15 - 50 mm, HRA 86 - 89, résistant à la corrosion de l'eau de mer.

3. Procédé de fabrication des goujons en carbure

La fabrication de goujons en carbure repose sur la technologie de la métallurgie des poudres pour garantir performance et précision.

3.1 Préparation des matières premières

du carbure de tungstène de haute pureté (WC, pureté > 99,95 %), du cobalt (Co, pureté > 99,9 %) et d'autres additifs (tels que TiC , TaC). Les poudres sont mélangées par broyage humide (alcool ou eau déionisée, broyage à boulets pendant 2472 heures) avec une granulométrie moyenne de 0,21 micron. Du VC ou du Cr3C2 (0,1 à 0,5 %) est ajouté comme inhibiteur de grains.

3.2 Formation

Pressage isostatique à froid (CIP) : la poudre est pressée en comprimés verts à 200 - 400 MPa avec

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

une densité de 50 - 60 % de la valeur théorique.
Moulage de précision : Des moules de haute précision (tolérance ±0,1 mm) sont utilisés pour les formes complexes.
Séchage par atomisation : préparer des particules fluides et améliorer l'uniformité des corps verts.

3.3 Frittage

Pré-frittage : 900 - 1100°C pour éliminer les additifs organiques.
Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1350 - 1500°C, 100 - 200 MPa, atmosphère d'argon, frittage pendant 24 heures, densité 99,8 - 100%.
Refroidissement : Refroidissement progressif (10 - 20°C/min) pour éviter les fissures de contrainte thermique.

3.4 Post-traitement

Rectification de précision : Usinage de meules diamantées, tolérance ±0,02 mm, rugosité Ra 0,30,8 μm .
Renforcement de surface : sablage, polissage ou revêtement (TiN , DLC).
Contrôle qualité : essai de dureté (HRA/HV), analyse de la microstructure (MEB), mesure dimensionnelle (instrument de mesure 3D), contrôle non destructif (ultrasons).

4. Utilisations et scénarios d'application des goujons en carbure

Les goujons en carbure jouent un rôle clé dans les domaines et scénarios suivants en raison de leur excellente résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion :

4.1 Mines et carrières

Godet d'excavatrice : intégré dans les dents ou les bords du godet, résiste à l'usure des minerais durs et des roches, avec une durée de vie de 3 000 à 6 000 heures, adapté aux mines à ciel ouvert et aux carrières.
Pièces d'usure de concasseur : utilisées pour les marteaux et les chemises de concasseurs à mâchoires, à cône ou à percussion, avec un taux d'usure de < 0,012 mm^3/ N·m et une période de maintenance de 12 à 24 mois.
Outils de forage et de forage de roche : utilisés dans les foreuses à roche ou les tunneliers, ils résistent aux impacts à haute fréquence et à l'usure des roches dures, et leur durée de vie est 46 fois plus longue que celle des forets en acier.
Convoyeur à racleur minier : protège le côté du racleur ou de l'auge de l'usure du minerai et du charbon, adapté à l'extraction du charbon à longue taille.

4.2 Machines de construction et d'ingénierie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Canalisation de camion pompe à béton : protège la paroi intérieure de la canalisation, résiste à l'érosion du béton, du sable et du gravier, a une durée de vie 35 fois plus longue que l'acier à haute teneur en manganèse et est utilisée dans les immeubles de grande hauteur.
Grattoirs et lames de pavés : résistent à l'usure du mélange d'asphalte et de gravier, avec une durée de vie de 4000 à 7000 heures.
Pièces résistantes à l'usure du mélangeur : améliorent la résistance à l'usure des lames ou des parois intérieures pour faire face à l'usure du sable, du gravier et du ciment, adaptées à la production de béton prêt à l'emploi.
Lames de bulldozer et de chargeuse : protègent les lames de l'usure du sol et du gravier, utilisées dans les projets de terrassement.

4.3 Énergie et puissance

d'usure de broyeur à charbon : résistent à l'usure de la poudre de charbon et aux températures élevées de 500 à 700 °C, avec une durée de vie de 36 ans, utilisées dans les centrales électriques au charbon.
Conduites et vannes de transport de cendres : résistantes à l'érosion et à la corrosion des cendres volantes, réduisant les coûts de maintenance de 40 %.
Protection des fondations des éoliennes : résiste à l'érosion par l'eau de mer et à l'usure du sable et du gravier, et améliore la durabilité des fondations sur pieux des éoliennes offshore.

4.4 Ports, terminaux et logistique

Pièces résistantes à l'usure pour équipements de chargement et de déchargement : utilisées pour les bandes transporteuses, les grappins, les trémies ou les chargeurs, peuvent résister à l'usure du charbon, du minerai et des céréales, avec une durée de vie de 24 ans.
Structure de protection du quai : intégrée dans des défenses, des plaques de guidage ou des composants anti-collision, résistante à la corrosion de l'eau de mer (pH 68), période d'entretien 12-18 mois.
Système de transport logistique : améliore la résistance à l'usure des convoyeurs à bande ou des rouleaux pour faire face au transport de matériaux à forte charge.

4.5 Métallurgie et industrie chimique

Pièces d'usure de laminoir : résistantes à l'usure du métal à haute température et aux chocs mécaniques, avec une durée de vie trois fois supérieure à celle des matériaux traditionnels, utilisées dans le laminage à chaud et le laminage à froid.
Pièces résistantes à l'usure du four de fabrication de l'acier : résistent à l'érosion par les scories à haute température et l'acier en fusion, adaptées au four à arc électrique et au convertisseur.
Protection des équipements chimiques : Résistant aux produits chimiques corrosifs et à l'usure des particules, adapté à l'environnement pH 310.

4.6 Agriculture et foresterie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Pièces d'usure pour machines agricoles : utilisées pour les socs de charrue, les lames de moissonneuse ou les semoirs pour protéger l'équipement de l'usure du sol, du sable et du gravier.
Protection des équipements forestiers : Résiste à l'abrasion du bois, de l'écorce et du sable, convient à l'abattage et au traitement.

4.7 Autres fins spéciales

Entretien des voies ferrées et des voies : Utilisé dans les niveleuses de ballast ou les équipements de meulage de voies pour résister à l'usure du ballast et des rails.
Ingénierie marine : Protéger les pipelines sous-marins, les équipements de dragage ou les plates-formes offshore de l'érosion par l'eau de mer et de l'usure du sable et du gravier.
Industrie aéronautique et militaire : Utilisé dans les machines de dégivrage des pistes ou les pièces résistantes à l'usure des véhicules militaires pour répondre à des exigences de fiabilité élevées.

5. Avantages

Durée de vie ultra longue : la durée de vie est prolongée de 36 fois, réduisant les temps d'arrêt et la maintenance.
Personnalisation flexible : différentes tailles, formes et formules pour répondre aux besoins individuels.
Adaptabilité environnementale : résistant à l'usure, à la corrosion, aux hautes températures et adaptable aux environnements complexes.
Fabrication verte : réduire la consommation de matière et respecter le développement durable.

6. Développement futur

Grâce à leur dureté élevée (HRA 86 - 92), leur excellente ténacité (6,5 - 10 MPa·m^1/2) et leur durée de vie ultra-longue (3 000 - 12 000 heures), les goujons en carbure cémenté sont devenus des composants clés résistants à l'usure dans les secteurs de l'exploitation minière, de la construction, de l'énergie, des ports et des docks, de la métallurgie, de l'industrie chimique, de l'agriculture, de la foresterie, du ferroviaire, de la construction navale, de l'aéronautique et de l'industrie militaire. Leurs spécifications variées (diamètre 3 - 60 mm, longueur 5 - 120 mm, HRA 86 - 92) et leur procédé de métallurgie des poudres de précision garantissent performance et fiabilité. À l'avenir, la fabrication intelligente (optimisation de l'IA, précision > 99 %), les nouveaux matériaux (revêtement en graphène, coefficient de frottement 0,05), la production verte (taux de recyclage 85 %) et la conception modulaire favoriseront leur application généralisée dans la fabrication haut de gamme et l'industrie durable, insufflant un nouvel élan au fonctionnement efficace des équipements et au progrès industriel.

matériaux en carbure à géométries complexes (filières, buses)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Matériaux en carbure cémenté aux formes géométriques complexes : surfaces courbes multiples et structures microporeuses (taille des pores < 0,5 mm)

Aperçu des principes de base et des technologies des matériaux en carbure cémenté pour les géométries complexes

Carbure cémenté à géométrie complexe (matrices, buses) contenant de multiples surfaces courbes (rayon de courbure > 0,1 mm ± 0,01 mm) et micropores (ouverture 0,10,5 mm ± 0,01 mm), préparé par pressage de précision (300500 MPa ± 1 MPa), frittage (1450 °C ± 10 °C) ou fabrication additive (SLM, précision < 0,1 mm ± 0,01 mm). Rugosité de surface Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm .

L'équipement comprend des presses CNC (précision ± 0,01 mm) et des imprimantes SLM (résolution < 0,1 mm ± 0,01 mm). Les tests portent sur la précision géométrique (ISO 1832, précision ± 0,01 mm) et la constance de l'ouverture (scanner, précision ± 0,001 mm). Par exemple, l'ouverture de la buse YG6 est de 0,3 mm ± 0,01 mm et le rayon de courbure est de 0,5 mm ± 0,01 mm.

Analyse des mécanismes des matériaux en carbure cémenté à

géométrie complexeMultiple Les surfaces courbes (rayon de courbure > 0,1 mm ± 0,01 mm) optimisent la dynamique des fluides (résistance < 10 N ± 1 N), et les micropores (0,3 mm ± 0,01 mm) assurent la précision de l'injection (écart < 0,01 mm ± 0,001 mm). Après frittage, la granulométrie est de 0,51 µm ± 0,01 µm et la dureté est de HV 2000 ± 30. Le MEB montre que la paroi des pores est lisse (Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm) et qu'il n'y a pas de fissure (< 1 µm ± 0,1 µm). La tomodensitométrie confirme la cohérence de la taille des pores (écart < 0,01 % ± 0,001 %).

Analyse des facteurs affectant les performances des matériaux en carbure cémenté à géométries complexes

Ouverture : 0,30,5 mm±0,01 mm, haute précision ; <0,1 mm±0,01 mm, le taux de colmatage augmente de 10 %±2 %.

Rayon de courbure : > 0,1 mm ± 0,01 mm, faible résistance aux fluides ; < 0,05 mm ± 0,01 mm, résistance augmentée de 15 % ± 3 %.

Taille des grains : 0,51 µm±0,01 µm , dureté élevée ; >2 µm±0,01 µm , la dureté diminue de 10 %±2 %.

Procédé de fabrication : SLM, haut degré de liberté ; pressage, écart d'ouverture augmenté de 5 % ± 1 %.

Traitement de surface : Ra<0,2 µm±0,01 µm , la pulvérisation est stable ; >0,5 µm±0,01 µm , le taux d'usure augmente de 10 %±2 %.

Par exemple, le taux de colmatage de la buse YG6 (ouverture 0,1 mm ± 0,01 mm) est passé à 15 % ± 2 %.

La stratégie d'optimisation

pour les matériaux en carbure cémenté à géométrie complexe consiste à obtenir un diamètre de trou de 0,1 à 0,5 mm ± 0,01 mm et un rayon de courbure > 0,1 mm ± 0,01 mm. Il est recommandé de :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation : ouverture 0,30,5 mm±0,01 mm, rayon de courbure > 0,1 mm±0,01 mm.
Optimisation de fabrication : SLM (puissance 300400 W ± 10 W), précision < 0,1 mm ± 0,01 mm.
Optimisation du frittage : 1450°C±10°C, granulométrie 0,51 μm±0,01 μm .
Optimisation de surface : polissage Ra<0,2 μm±0,01 μm , taux d'usure réduit de 10%±2%.
Spécifications du test : ISO 1832 (géométrie), tomodensitométrie (ouverture).
Par exemple, la précision de la buse YG6 (ouverture 0,3 mm ± 0,01 mm) est < 0,01 mm ± 0,001 mm.

10.6.2.3.2 Exigences de performance : résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³/ N·m)

Principes de base de la résistance à l'usure des matériaux en carbure cémenté à géométrie complexe et aperçu de la technologie
Les matériaux en carbure cémenté à géométrie complexe (tels que les moules, les buses) nécessitent une résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m), une dureté HV 1800 - 2200±30 et une résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an) pour faire face à des charges élevées (> 100 MPa±10 MPa) et à l'érosion des fluides (débit > 10 m/s±1 m/s). Granulométrie 0,51 μm±0,01 μm , teneur en Co 6%10%±1%, souvent complétée par un revêtement (TiAlN ou Al_2O_3 , épaisseur 25 μm±0,1 μm) ou HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa) pour optimiser les performances.
Les tests incluent la résistance à l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³/ N·m), la dureté (ASTM E92, charge 10 kg ± 0,1 kg) et la corrosion (ASTM G31, précision ± 0,001 mm/an). Par exemple, le taux d'usure de la buse YG6 est de 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m et sa dureté est HV 2000 ± 30.

Mécanisme de résistance à l'usure et analyse
des matériaux en carbure cémenté à géométrie complexe La structure à grains fins (0,51 μm±0,01 μm) augmente la dureté HV 2000±30, Co (8%±1%) assure la ténacité K_{1} c 1215 MPa·m$^{1/2}$±0,5, le revêtement TiAlN (coefficient de frottement <0,3±0,05) réduit le taux d'usure (0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). Le HIP élimine les pores (porosité <0,1%±0,01%) et améliore la résistance à la corrosion (<0,01 mm/an±0,001 mm/an). Le MEB montre que la surface usée est lisse (profondeur de cicatrice d'usure <0,01 mm±0,001 mm) et qu'il n'y a pas de pelage (défauts <0,01 mm±0,001 mm). La spectroscopie XPS confirme la composition du revêtement (Ti 2p~459 eV ± 0,1 eV). Les tests d'usure montrent que l'YG6TiAlN surpasse l'YG6 non revêtu (taux d'usure de 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m).

Analyse des facteurs affectant la résistance à l'usure des matériaux en carbure cémenté à géométrie complexe
Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , excellente résistance à l'usure ; >2 μm±0,01 μm , le taux d'usure augmente de 15 %±3 %.
Teneur en Co : 6%10%±1%, bonne ténacité ; >12%±1%, la dureté diminue de 10%±2%.
Épaisseur du revêtement : 25 μm±0,1 μm , la résistance à l'usure augmente de 30 %±5 % ; > 10 μm±0,1 μm , le taux de pelage augmente de 15 %±3 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Porosité : < 0,1 % ± 0,01 %, performances stables ; > 0,5 % ± 0,01 %, le taux d'usure augmente de 10 % ± 2 %.
Environnement fluide : neutre (pH 68±0,1), moins de corrosion ; acide (pH<3±0,1), le taux de corrosion augmente de 20%±3%.
Par exemple, le taux d'usure du YG6 (non revêtu) augmente à 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

La stratégie d'optimisation de la résistance à l'usure
des carbures cémentés à géométrie complexe vise à atteindre un taux d'usure inférieur à 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m et une dureté HV comprise entre 1800 et 2200±30. Il est recommandé de :
Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).
Co-optimisation : 6%10%±1%, équilibrant dureté et ténacité.
Optimisation du revêtement : TiAlN ou Al_2O_3 (25 μm±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 30%±5%.
Optimisation HIP : 1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa, porosité <0,1%±0,01%.
Spécifications de test : ASTM G65 (résistance à l'abrasion), ASTM E92 (dureté).
Par exemple, le taux d'usure de YG6TiAlN (HIP, 2 μm±0,1 μm) est de 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

10.6.2.3.3 Application : Moules de précision en carbure à géométrie complexe et contrôle des fluides

Principes de base et aperçu technique des moules de précision en carbure cémenté à géométrie complexe
Le carbure cémenté à géométrie complexe est largement utilisé dans les moules de précision (durée de vie > 10^6 fois ± 10^5 fois) et les buses de contrôle des fluides (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures) en raison de sa résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m) et de sa haute précision (< 0,01 mm ± 0,001 mm). YG6 et YG8 conviennent aux matrices d'emboutissage et aux buses haute pression (pression > 100 MPa ± 10 MPa).
Les tests portent sur la durée de vie du moule (ISO 3327, précision ±10^4 fois), les performances de la buse (ISO 1832, précision ±0,01 mm) et l'usure (ASTM G65, précision ±0,01 mm³/ N·m). Par exemple, la durée de vie du moule YG6 est de 1,2 million de fois ±100 000 fois, et le taux d'usure de la buse YG8 est de 0,04 mm³/N·m ±0,01 mm³/ N·m .

Mécanisme et analyse de
moules de précision en carbure géométriques complexes Une dureté élevée (HV 2000±30) et une faible porosité (<0,1%±0,01%) assurent la résistance à la déformation du moule (déformation <0,01%±0,001%), et une structure microporeuse (0,3 mm±0,01 mm) assure la précision de l'injection de la buse (écart <0,01 mm±0,001 mm). Le revêtement (Al_2O_3 , 2 μm±0,1 μm) améliore la résistance à la corrosion (<0,01 mm/an±0,001 mm/an). Le MEB montre que la surface du moule est uniformément usée (profondeur <0,01 mm±0,001 mm) et que la paroi du trou de la buse est lisse (Ra<0,2 μm±0,01 μm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les tests d'usure montrent que la buse YG8 est supérieure à la YG6 (taux d'usure 0,05 $mm^3/N·m$±0,01 mm^3/ N·m).

formes géométriques complexes de moules de précision en carbure cémenté

Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , longue durée de vie ; >2 μm±0,01 μm , le taux d'usure augmente de 10 %±2 %.

Revêtement : Al_2O_3 , excellente résistance à la corrosion ; sans revêtement, le taux de corrosion augmente de 20 % ± 3 %.

Précision d'ouverture : < 0,01 mm ± 0,001 mm, jet stable ; > 0,05 mm ± 0,01 mm, l'écart augmente de 15 % ± 3 %.

Pression de travail : > 100 MPa ± 10 MPa, une dureté élevée est requise ; < 50 MPa ± 10 MPa, la ténacité est préférée.

Environnement : Fluide neutre, longue durée de vie ; acide, durée de vie réduite de 15%±3%.

Par exemple, la durée de vie d'une buse YG6 (sans revêtement) est réduite à 8 000 heures ± 1 000 heures.

Pour les moules de précision en carbure à géométrie complexe,

l'objectif est d'obtenir une durée de vie du moule supérieure à 10^6 fois ±10^5 fois et une durée de vie de la buse supérieure à 10^4 heures ±10^3 heures. Il est recommandé de :

Optimisation du matériau : YG8, grain 0,51 μm±0,01 μm , Co 8%10%±1%.

Optimisation du revêtement : Al_2O_3 (25 μm±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 30%±5%.

Optimisation de la fabrication : SLM ou rectification de précision, précision < 0,01 mm±0,001 mm.

Optimisation HIP : 1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa, porosité <0,1%±0,01%.

Spécifications d'essai : ISO 3327 (durée de vie de la matrice), ASTM G65 (usure).

Application d'ingénierie de moules de précision en carbure cémenté à géométrie complexe

Matrice d'emboutissage : YG6 (dureté HV 2000±30), durée de vie 1,2 million de fois±100 000 fois.

Buse haute pression : YG8 (taux d'usure 0,04 $mm^3/N·m$±0,01 mm^3/ N·m), durée de vie 15 000 heures±1 000 heures.

Vanne fluide : YG6 (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm) durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures.

Ces applications démontrent que les géométries complexes répondent aux exigences de précision.

10.6.2.4 Personnalisation du carbure cémenté avec des formes géométriques complexes et des formes non standard

géométries complexes : fabrication additive et rectification de précision

Principes de base et aperçu technologique

du carbure cémenté à géométrie complexePersonnalisé et le carbure cémenté de forme non standard est préparé par fabrication additive (SLM, puissance 300 - 400 W ± 10 W ; Binder Jetting, épaisseur de couche 50 - 100 μm ± 1 μm) ou rectification de précision (précision de la meule <1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

μm ± 0,1 μm) pour répondre aux exigences de géométrie complexe (degré de liberté > 95 % ± 2 %) et de haute précision (< 0,01 mm ± 0,001 mm). Granulométrie 0,52 μm ± 0,01 μm , teneur en Co 6 % 12 % ± 1 %.

L'équipement comprend une imprimante SLM (résolution < 0,1 mm ± 0,01 mm) et une rectifieuse CNC cinq axes (précision ± 0,001 mm). Les tests portent sur la précision géométrique (ISO 1832, précision ± 0,01 mm) et la qualité de surface (ISO 4287, précision ± 0,001 μm).

Par exemple, la précision de l'outil personnalisé YG8 est < 0,01 mm ± 0,001 mm et la rugosité de surface Ra est < 0,2 μm ± 0,01 μm .

Mécanisme et analyse

de la géométrie complexe du carbure cémenté SLM forme des structures complexes (rayon de courbure > 0,1 mm ± 0,01 mm) par fusion laser (profondeur du bain de fusion 100 - 200 μm ± 10 μm), et le meulage de précision assure la douceur de la surface (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm). Après frittage, la densité est > 98 % ± 0,1 % et la dureté est HV 1800 ± 30. Le MEB montre que les grains des pièces SLM sont uniformes (0,52 μm ± 0,01 μm) et qu'il n'y a pas de fissures sur la surface rectifiée (< 1 μm ± 0,1 μm). La tomodensitométrie confirme que les défauts internes sont < 0,01 mm ± 0,001 mm. Les tests de précision montrent que le SLM est meilleur que le pressage traditionnel (écart < 0,1 mm ± 0,01 mm).

Analyse des facteurs affectant les formes géométriques complexes du carbure cémenté

Puissance d'impression : 300 - 400 W ± 10 W, haute densité ; < 200 W ± 10 W, porosité augmentée de 10 % ± 2 %.

Épaisseur de couche : 50 - 80 μm±1 μm , excellente précision ; >100 μm±1 μm , l'écart augmente de 10 %±2 %.

Taille des grains : 0,52 μm±0,01 μm , performances équilibrées ; >5 μm±0,01 μm , la dureté diminue de 10 %±2 %.

Précision de meulage : <1 μm±0,1 μm , bonne qualité de surface ; >5 μm±0,1 μm , le taux d'usure augmente de 10 %±2 %.

Post-traitement : HIP, la porosité diminue de 10%±2% ; sans HIP, le taux de défauts augmente de 15%±3%.

Par exemple, la précision du YG8 (épaisseur de couche 120 μm ± 1 μm) est réduite à 0,05 mm ± 0,01 mm.

La stratégie d'optimisation

pour le carbure cémenté à géométrie complexe vise une précision < 0,01 mm ± 0,001 mm et un Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm . Il est recommandé de :

Optimisation SLM : puissance 300 - 400 W ± 10 W, épaisseur de couche 50 - 80 μm ± 1 μm .

Optimisation de la rectification : précision <1 μm±0,1 μm , vitesse de la meule 5000 - 8000 tr/min±100 tr/min.

Contrôle des grains : 0,52 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).

Post-traitement : HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa), densité>99%±0,1%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Spécifications d'essai : ISO 1832 (géométrie), ISO 4287 (surface).
Par exemple, la précision du YG8SLM (HIP) est < 0,01 mm ± 0,001 mm et Ra est < 0,2 μm ± 0,01 μm .

10.6.2.4.2 La géométrie complexe affecte les performances du carbure : précision géométrique < 10 μm , rugosité de surface Ra < 0,2 μm

Principes de base et aperçu technique
du carbure cémenté à géométrie complexe Le carbure cémenté personnalisé nécessite une précision géométrique <10 μm±1 μm , une rugosité de surface Ra<0,2 μm±0,01 μm , une dureté HV 1600 - 2000±30, une ténacité $K_{1}c$ 1015 MPa·m$^{1/2}$±0,5, répondant aux exigences de l'aérospatiale (précision <0,01 mm±0,001 mm) et des équipements médicaux (durée de vie>10 ^{4} fois±10^{3} fois). Grain 0,52 μm±0,01 μm , Co 6%12%±1%.

Les tests portent sur la précision (numérisation 3D, précision ± 0,001 mm), la rugosité de surface (ISO 4287, précision ± 0,001 μm) et les performances (ASTM G65, précision ± 0,01 mm^{3}/ N·m). Par exemple, la pièce personnalisée YG8 présente une précision de 8 μm ± 1 μm et un Ra de 0,15 μm ± 0,01 μm .

Mécanisme et analyse
La haute précision (<10 μm±1 μm) provient du moulage couche par couche SLM (épaisseur de couche 50 μm±1 μm) et du meulage (précision <1 μm±0,1 μm), le faible Ra (<0,2 μm±0,01 μm) réduit le frottement (coefficient de frottement <0,3±0,05). Les grains fins (0,52 μm±0,01 μm) assurent une dureté HV 1800±30, et le Co (10%±1%) améliore la ténacité $K_{1}c$ 12 MPa·m$^{1/2}$±0,5. Le MEB montre que la surface est lisse (marques d'usure < 0,01 μm±0,001 μm) et qu'il n'y a pas de microfissures (< 0,01 mm±0,001 mm). La numérisation 3D confirme une précision de 8 μm±1 μm , ce qui est meilleur que le traitement traditionnel (20 μm±2 μm).

Analyse des facteurs d'influence
Précision : <10 μm±1 μm , excellentes performances ; >20 μm±2 μm , le taux d'usure augmente de 10 %±2 %.
Ra : < 0,2 μm ± 0,01 μm , faible frottement ; > 0,5 μm ± 0,01 μm , le taux d'usure augmente de 15 % ± 3 %.
Taille des grains : 0,52 μm±0,01 μm , dureté élevée ; >5 μm±0,01 μm , la dureté diminue de 10 %±2 %.
Teneur en Co : 6%12%±1%, bonne ténacité ; <6%±1%, $K_{1}c$ diminue de 10%±2%.
Procédé de fabrication : SLM, haute précision ; pressage, augmentation de l'écart de 10 % ± 2 %.

Par exemple, le taux d'usure du YG8 (Ra 0,5 μm±0,01 μm) augmente à 0,06 mm^{3}/N·m±0,01 mm^{3}/ N·m .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

La stratégie d'optimisation
vise à atteindre une précision inférieure à 10 μm ± 1 μm et un Ra inférieur à 0,2 μm ± 0,01 μm . Les recommandations suivantes sont recommandées :
Optimisation SLM : puissance 300 - 400 W ± 10 W, épaisseur de couche 50 - 80 μm ± 1 μm .
Optimisation du meulage : précision <1 μm±0,1 μm , Ra<0,2 μm±0,01 μm .
Optimisation des grains : 0,52 μm±0,01 μm , VC ajouté (0,2 %±0,01 %).
Co-optimisation : 6%12%±1%, performances équilibrées.
Spécifications du test : numérisation 3D (précision), ISO 4287 (surface).

Par exemple, la précision du YG8 (SLM, meulage) est de 8 μm±1 μm , Ra 0,15 μm±0,01 μm .

10.6.2.4.3 Applications du carbure cémenté à géométrie complexe : aérospatiale et dispositifs médicaux

Principes de base et aperçu de la technologiePersonnalisé
Le carbure cémenté convient à l'aérospatiale (moules d'aubes de turbine, durée de vie > 10^5 fois ± 10^4 fois) et aux dispositifs médicaux (forets à os, durée de vie > 10^4 fois ± 10^3 fois) en raison de sa précision < 10 μm ± 1 μm et Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm . YG8 et YG10 répondent aux exigences de haute fiabilité (durée de vie en fatigue > 10^6 fois ± 10^5 fois).

Les tests incluent la durée de vie (ISO 3327, précision ±10^4 fois), la précision (numérisation 3D, précision ±0,001 mm) et l'usure (ASTM G65, précision ±0,01 mm^3/ N·m). Par exemple, la durée de vie d'un foret à os YG8 est de 12 000 ±1 000 fois, et la précision d'un moule d'aviation est <10 μm ±1 μm .

Mécanisme et analyse
Une haute précision (<10 μm±1 μm) assure l'ajustement des moules d'aviation (jeu <0,01 mm±0,001 mm) et un faible Ra (0,15 μm±0,01 μm) réduit le frottement des dispositifs médicaux (<0,1 N±0,01 N). La dureté HV 1800±30 et la ténacité K_{Ic} 12 MPa·$m^{1/2}$±0,5 résistent aux vibrations à haute fréquence (>10 Hz±1 Hz). Le MEB montre que la surface du foret à os est lisse (marques d'usure <0,01 μm±0,001 mm) et que le moule ne présente aucune fissure (<0,01 mm±0,001 mm).

Les tests d'usure montrent que le taux d'usure du YG8 est de 0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m , ce qui est meilleur que celui du YG6 (0,06 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m).

Analyse des facteurs d'influence
Précision : <10 μm±1 μm , longue durée de vie ; >20 μm±2 μm , le taux de défaillance augmente de 10 %±2 %.
Ra : < 0,2 μm ± 0,01 μm , faible frottement ; > 0,5 μm ± 0,01 μm , le taux d'usure augmente de 15 % ± 3 %.
Taille des grains : 0,52 μm±0,01 μm , excellentes performances ; >5 μm±0,01 μm , durée de vie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

réduite de 10 %±2 %.

Charge : Pour les hautes fréquences (> 10 Hz ± 1 Hz), la ténacité est requise ; pour les basses fréquences, la dureté est préférée.

Environnement : Stérile (médical), longue durée de vie ; corrosif, durée de vie réduite de 15 % ± 3 %.

Par exemple, la durée de vie d'un foret à os YG6 (Ra 0,5 μm±0,01 μm) est réduite à 8 000 ± 1 000 fois.

La stratégie d'optimisation

pour le carbure cémenté à géométrie complexe vise une durée de vie > 10^4 fois ± 10^3 fois et une précision < 10 μm ± 1 μm . Il est recommandé de :

Optimisation du matériau : YG8, grain 0,52 μm±0,01 μm , Co 8%12%±1%.

Optimisation SLM : puissance 300400 W ± 10 W, précision < 10 μm ± 1 μm .

Optimisation de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , taux d'usure réduit de 10%±2%.

Optimisation HIP : 1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa, porosité <0,1%±0,01%.

Spécifications du test : ISO 3327 (durée de vie), numérisation 3D (précision).

Applications techniques du carbure cémenté à géométrie complexe

Moule d'aviation en carbure

YG8 (précision <10 μm±1 μm) durée de vie : 120 000 fois±10 000 fois.

Foret à os en carbure

YG10 (Ra 0,15 μm±0,01 μm) durée de vie : 12 000 fois±1 000 fois.

Pièces de turbine en carbure

YG8 (taux d'usure 0,05 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) durée de vie > 10^5 fois ± 10^4 fois.

Ces applications démontrent que les alliages personnalisés répondent à des exigences de haute précision.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Types de produits en carbure cémenté non standard avec des géométries complexes

Nom du produit	nom anglais	décrire
Plaque pentagonale en carbure cémenté	Plaque pentagonale en carbure cémenté	Section pentagonale, longueur de chaque côté 5 - 100 ± 0,1 mm, surface polie (rugosité Ra < 0,10,2 μm ± 0,01 μm), avec encoche (rayon 13 ± 0,1 mm).
Plaque hexagonale en carbure	Plaque hexagonale en carbure cémenté	Section hexagonale, longueur de chaque côté 5 - 80 ± 0,1 mm, épaisseur 120 ± 0,05 mm, les bords peuvent être chanfreinés (rayon 0,20,5 ± 0,05 mm).
Plaque spéciale en carbure heptagonal	Plaque heptagonale en carbure cémenté	Section heptagonale, longueur de chaque côté 10 - 60 ± 0,1 mm, surface lisse, éventuellement avec trou central (diamètre 210 ± 0,01 mm).
Plaque octogonale en carbure	Plaque octogonale en carbure cémenté	Section octogonale, longueur de chaque côté 5 - 50 ± 0,1 mm, épaisseur 215 ± 0,05 mm, avec bords courbes (rayon 515 ± 0,1 mm).
Tige pentagonale en carbure cémenté	Tige pentagonale en carbure cémenté	Section pentagonale, longueur de chaque côté 220±0,1 mm, longueur 10 - 300±0,5 mm, surface polie (rugosité Ra<0,2μm±0,01μm).
Tiges hexagonales en carbure	Tige hexagonale en carbure cémenté	Section hexagonale, longueur de chaque côté 215±0,1 mm, longueur 20 - 400±0,5 mm, en option avec rainure (largeur de rainure 0,53±0,1 mm).
Tige en carbure heptagonale	Tige heptagonale en carbure cémenté	Section heptagonale, longueur de chaque côté 312±0,1 mm, longueur 10200±0,5 mm, rectitude <0,05 mm/m±0,01 mm.
Tige octogonale en carbure	Tige octogonale en carbure cémenté	Section octogonale, longueur de chaque côté 210±0,1 mm, longueur 10250±0,5 mm, avec rainure de clavette (rayon 12±0,1 mm).
Plaque triangulaire en carbure	Plaque triangulaire en carbure cémenté	Section triangulaire, longueur de chaque côté 10100±0,1 mm, épaisseur 115±0,05 mm, les coins peuvent être arrondis (rayon 0,52±0,1 mm).
Plaque en carbure de forme quadrilatérale (non rectangulaire)	Plaque quadrilatérale en carbure cémenté (non rectangulaire)	Trapèze irrégulier (tel que trapèze, parallélogramme), longueur du côté 10120±0,1 mm, épaisseur 220±0,05 mm.
Tige triangulaire en carbure	Tige triangulaire en carbure cémenté	Section triangulaire, longueur de chaque côté 315±0,1 mm, longueur 20300±0,5 mm, surface lisse.
Tige en carbure de forme quadrilatérale (non carrée)	Tige quadrilatère en carbure cémenté (non carrée)	Section trapézoïdale irrégulière, longueur de chaque côté 212±0,1 mm, longueur 10200±0,5 mm.
Plaque trapézoïdale en carbure	Plaque trapézoïdale en carbure cémenté	La base supérieure est courte, la base inférieure est longue et les côtés sont inclinés (angle 5°30°±1°).
Tige spirale en carbure	Tige hélicoïdale en carbure cémenté	Rainure en spirale de surface (profondeur de rainure 0,53±0,1 mm, angle d'hélice 15°45°±1°) ou trou de refroidissement en spirale interne (diamètre du trou 0,35±0,01 mm).
Tige étagée en carbure	Tige étagée en carbure cémenté	Changement de diamètre en plusieurs étapes (rayon de section de transition 0,52 ± 0,1 mm).
Plaque incurvée en carbure	Plaque incurvée en carbure cémenté	Surface sphérique, surface parabolique, surface de forme libre (rayon de courbure 5100±0,1 mm).
Plaque poreuse en carbure	Plaque perforée en carbure cémenté	Poreux (diamètre du trou 0,510 ± 0,01 mm, trou traversant ou trou borgne,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
		tolérance d'espacement des trous ± 0,02 mm).
Pièces géométriques composites en carbure cémenté	Pièce à géométrie composite en carbure cémenté	Épissure de plaques et de tiges, structure en mosaïque, canal de refroidissement intégré (diamètre 15±0,1 mm).
Microstructures en carbure cémenté	Pièce microstructurée en carbure cémenté	Micro rainures (largeur 0,050,5±0,01 mm), micro trous (diamètre 0,010,1±0,005 mm) et micro bossages (hauteur 0,11±0,01 mm).
Pièces tubulaires à parois minces en carbure	Tube à paroi mince en carbure cémenté	Épaisseur de paroi 0,22 ± 0,02 mm, avec filetage intérieur/extérieur (pas 0,52 ± 0,01 mm) ou section spéciale.
Plaque ondulée en carbure	Plaque ondulée en carbure cémenté	Surface ondulée périodique (hauteur de crête d'onde 0,55±0,1 mm, longueur d'onde 220±0,1 mm).
Panneau en nid d'abeille en alliage dur	Plaque en nid d'abeille en carbure cémenté	Réseau de trous en nid d'abeille hexagonal ou circulaire (diamètre des pores 110 ± 0,1 mm, épaisseur de paroi 0,21 ± 0,05 mm).
Tiges coniques en carbure	Tige conique en carbure cémenté	Section conique (angle du cône 1°20°±0,5°), la face d'extrémité peut comporter des rainures ou des trous.
Pièces en maille de carbure	Pièce en treillis en carbure cémenté	Structure de grille (ouverture de grille 0,55±0,1 mm, largeur de ligne 0,22±0,05 mm).
Pièces sphériques en carbure	Pièce sphérique en carbure cémenté	Sphère complète ou sphère partielle (diamètre 5100±0,1 mm, rugosité de surface Ra<0,1 μm±0,01 μm).
Pièces creuses en carbure cémenté	Pièce creuse en carbure cémenté	La cavité creuse interne (épaisseur de paroi de la cavité 0,55 ± 0,1 mm) peut être de forme polygonale ou courbe.
Pièces de lame en carbure	Pièce en forme de lame en carbure cémenté	Pales à parois minces (épaisseur 0,33 ± 0,05 mm) avec angle de torsion (0°60°±1°) ou profil aérodynamique complexe.
Pièces d'engrenage en carbure	Pièce en carbure cémenté en forme d'engrenage	Dents externes ou internes (module 0,55±0,05, hauteur de dent 0,510±0,1 mm), avec trous de forme spéciale.
Pièces de chaîne en carbure	Pièce de maillon de chaîne en carbure cémenté	Maillons continus (pas 550 ± 0,1 mm) avec trous ou fentes pour charnières.
Pièces creuses en carbure sculpté	Pièce sculptée ajourée en carbure cémenté	Motif ajouré complexe (largeur de trait 0,12±0,05 mm).
Bagues en carbure	Pièce de bague en carbure cémenté	Structure annulaire (diamètre intérieur 5200±0,1mm, diamètre extérieur 10300±0,1mm), avec dents ou rainures.
Raccords de tuyauterie en spirale en carbure	Tube hélicoïdal en carbure cémenté	Tubulaire, avec motifs en spirale sur les surfaces intérieures et extérieures (pas 110±0,1 mm), épaisseur de paroi 0,55±0,05 mm.
Pièces en carbure de polyèdre	Pièce polyédrique en carbure cémenté	Forme polyédrique (telle que tétraèdre, octaèdre), les bords peuvent être chanfreinés (rayon 0,11±0,05 mm).
tige ondulée en carbure	Tige ondulée en carbure cémenté	Cylindrique, avec des vagues ondulantes périodiques sur la surface (hauteur des vagues 0,22±0,1 mm, longueur d'onde 110±0,1 mm).
Plaquettes combinées en	Insert modulaire en carbure cémenté	Différentes combinaisons géométriques (telles que des plaques polygonales

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
carbure		cylindriques encastrées) avec des micro-trous ou des fentes (ouverture 0,12±0,01 mm).
Bague d'étanchéité standard en carbure	Bague d'étanchéité standard en carbure cémenté	Forme circulaire, diamètres intérieurs et extérieurs précis (diamètre intérieur 5150±0,05 mm, diamètre extérieur 10200±0,05 mm).
Bague d'étanchéité en carbure de forme spéciale	Bague d'étanchéité en carbure cémenté	Section ovale ou rectangulaire, avec rainure (largeur de rainure 0,53±0,1 mm) ou bossage (hauteur 0,22±0,05 mm).
Bague d'étanchéité multi-étages en carbure	Bague d'étanchéité multi-étages en carbure cémenté	Structure annulaire multicouche, chaque couche a une épaisseur de 0,55 ± 0,05 mm, avec des micro- trous (diamètre des pores 0,11 ± 0,01 mm).
Pièces cannelées en carbure	Pièce cannelée en carbure cémenté	Cylindrique, avec cannelures sur la surface (largeur de clé 110±0,1 mm, numéro de clé 420±1).
cames en carbure	Pièce de came en carbure cémenté	Profil non circulaire (par exemple ellipse, cercle excentrique) avec protubérances (hauteur 110 ± 0,1 mm) ou rainures (profondeur 0,55 ± 0,1 mm).
Pièces en carbure en forme de bouteille	Pièce en forme de bouteille en carbure cémenté	Col fin et corps large (diamètre du col 520±0,1 mm, diamètre du corps 20100±0,1 mm), avec cavité intérieure ou filetage.
Pièces en étoile en carbure	Pièce en forme d'étoile en carbure cémenté	Section transversale en forme d'étoile (pointe 312, rayon de pointe 0,52 ± 0,1 mm), longueur 10200 ± 0,5 mm.
Fourche en carbure	Pièce fourchue en carbure cémenté	Avec les fourches (largeur de fourche 220±0,1 mm, profondeur de fourche 550±0,1 mm), les extrémités peuvent avoir des trous ou des rainures.
Pièces de dôme en carbure	Pièce bombée en carbure cémenté	Dessus hémisphérique ou ellipsoïdal (hauteur du sommet 550±0,1 mm, diamètre du fond 10100±0,1 mm).
Serpent en carbure	Pièce serpentine en carbure cémenté	Courbure serpentine (rayon de courbure 550 ± 0,1 mm, pas 10100 ± 0,1 mm).
Pièces de moule optique en carbure	Pièce de moule optique en carbure cémenté	Surface asphérique (rayon de courbure 250±0,05 mm), rugosité de surface Ra<0,02μm±0,005μm.
Moules d'implants médicaux en carbure cémenté	Moule d'implant médical en carbure cémenté	Paroi mince (épaisseur de paroi 0,11±0,01 mm), avec micropores (diamètre des pores 0,050,5±0,01 mm).
Moule à puce microfluidique en carbure	Moule à puce microfluidique en carbure cémenté	Réseau de micro-rainures (largeur de rainure 0,020,2±0,005 mm, profondeur de rainure 0,050,5±0,01 mm).
Pièces de buse haute température en carbure	Buse haute température en carbure cémenté	Conique ou poreux (taille des pores 0,12±0,01 mm), résistance à la température >1200°C±10°C.
Pince robot flexible en carbure	Griffe de préhension flexible en carbure cémenté	Forme de griffe courbée (épaisseur de la griffe 0,53±0,05 mm, rayon de courbure 520±0,1 mm).
Moule pour dispositif acoustique en carbure cémenté	Moule pour dispositif acoustique en carbure cémenté	Cavité complexe (profondeur de la cavité 220±0,1 mm, épaisseur de paroi 0,22±0,05 mm).
Moule de pièce polaire de batterie en alliage dur	Moule d'électrode de batterie en carbure cémenté	Plaque mince poreuse (diamètre des pores 0,11 ± 0,01 mm, distance des pores 0,55 ± 0,05 mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
Pièces brutes d'impression 3D en carbure	Impression 3D vierge en carbure cémenté	Grille creuse (largeur de grille 0,53 ± 0,1 mm).
Noyau de valve en carbure	Noyau de valve en carbure cémenté	Sphérique ou conique (diamètre 550 ± 0,05 mm) avec micro rainures (largeur de rainure 0,11 ± 0,01 mm).
Revêtement du corps de pompe en carbure	Revêtement de pompe en carbure cémenté	Courbé ou poreux (taille des pores 0,55 ± 0,01 mm), résistant à la corrosion (taux de corrosion < 0,005 mm/an ± 0,001 mm/an).
Kit de roulements en carbure	Manchon de palier en carbure cémenté	Annulaire ou multi-segment (diamètre intérieur 10100±0,05 mm, épaisseur de paroi 110±0,05 mm).
Fixations filetées en carbure	Fixation filetée en carbure cémenté	Forme de boulon ou d'écrou (pas 0,53 ± 0,01 mm) avec tête de forme spéciale (hexagonale, en étoile).
Fixations à rivets en carbure	Fixation à rivet en carbure cémenté	Cylindrique ou conique (diamètre 220 ± 0,05 mm, longueur 550 ± 0,1 mm).
Attaches à pression en carbure	Fixation SnapFit en carbure cémenté	Forme de crochet ou de griffe (largeur du crochet 110±0,1 mm, épaisseur de la griffe 0,53±0,05 mm).
Accessoires pour goupilles cylindriques en carbure	Goupille d'alignement en carbure cémenté	Cylindrique ou étagé (diamètre 220 ± 0,01 mm, longueur 5100 ± 0,5 mm).
Accessoires de cales en carbure	Fixation de joint en carbure cémenté	Anneau fin ou forme spéciale (épaisseur 0,15±0,01 mm, diamètre maximum 10200±0,1 mm).
Accessoires pour buses de sablage au carbure	Buse de sablage en carbure cémenté	Conique ou poreux (taille des pores 0,25 ± 0,01 mm), résistant à l'usure (durée de vie > 1000 heures ± 100 heures).
Pièces de meules de coupe en carbure	Disque de coupe en carbure cémenté	Dents de courroie circulaires (hauteur des dents 0,55±0,1 mm, pas des dents 110±0,1 mm).
Pièces de filière d'extrusion en carbure	Filière d'extrusion en carbure cémenté	Cavité multi-trous ou de forme spéciale (taille des pores 0,510 ± 0,01 mm).
Accessoires pour coques de capteurs en carbure	Boîtier de capteur en carbure cémenté	Profilé creux (épaisseur de paroi 0,32±0,05 mm) avec micropores (diamètre des pores 0,11±0,01 mm).
Moule pour pales d'éoliennes en carbure	Moule pour pales d'éoliennes en carbure cémenté	Forme de lame courbée (épaisseur 110±0,05 mm, rayon de courbure 10100±0,1 mm).
Accessoires pour aiguilles textiles en carbure	Aiguille textile en carbure cémenté	Mince et conique (diamètre 0,55 ± 0,01 mm, longueur 1050 ± 0,5 mm).
Moule pour appareil à micro-ondes en carbure cémenté	Moule pour appareil à micro-ondes en carbure cémenté	Cavité complexe (profondeur de la cavité 110±0,1 mm, épaisseur de paroi 0,22±0,05 mm).
Revêtements de réacteur nucléaire en carbure cémenté	Revêtement de réacteur nucléaire en carbure cémenté	Surface poreuse ou courbe (taille des pores 0,55±0,01 mm), résistante aux hautes températures (>1000°C±10°C).
Pièces de tuyère de fusée en carbure	Buse de fusée en carbure cémenté	Conique ou poreux (taille des pores 0,23±0,01mm), résistant à la chaleur (>1500°C±10°C).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
Filières de tréfilage en carbure	Filière de tréfilage en carbure cémenté	Trous ronds ou de forme spéciale (ouverture 0,0110±0,005 mm), paroi intérieure polie (rugosité Ra<0,05 μm±0,01 μm).
Moule de languette de batterie à énergie nouvelle en alliage dur	Moule pour languette de batterie en carbure cémenté	La plaque mince présente des micro-rainures (largeur de rainure 0,050,5±0,01 mm, profondeur de rainure 0,11±0,01 mm).
Moule à diaphragme de batterie à énergie nouvelle en alliage dur	Moule séparateur de batterie en carbure cémenté	Plaque multipuits (taille des pores 0,020,2±0,005 mm, distance des pores 0,11±0,01 mm).
Matrice de poinçonnage de coque de batterie à énergie nouvelle en alliage dur	Poinçon pour boîtier de batterie en carbure cémenté	Cavité de forme spéciale (profondeur de la cavité 220±0,1 mm, épaisseur de paroi 0,22±0,05 mm).
Moule d'hélice de drone en carbure	Moule d'hélice de drone en carbure cémenté	Lame courbée (épaisseur 0,55±0,05 mm, rayon de courbure 550±0,1 mm).
Bague de moteur de drone en carbure	Manchon d'arbre de moteur de drone en carbure cémenté	Anneau à paroi mince (diamètre intérieur 550 ± 0,05 mm, épaisseur de paroi 0,53 ± 0,05 mm).
Fixations structurelles en carbure pour drones	Fixation structurelle en carbure cémenté pour drone	Boulons de forme spéciale (pas 0,52±0,01 mm, diamètre de tête 520±0,1 mm).
Buse d'emboutissage en carbure	Buse de filière de tréfilage en carbure cémenté	Cône poreux (taille des pores 0,051 ± 0,01 mm), résistant à haute pression (> 50 MPa ± 5 MPa).
Pièces d'électrodes EDM en carbure	Électrode EDM en carbure cémenté	Surface courbe complexe (rayon de courbure 220±0,05 mm) avec micropores (diamètre des pores 0,10,5±0,01 mm).
Accessoires pour têtes de découpe laser en carbure	Composant de tête de découpe laser en carbure cémenté	Conique ou poreux (taille des pores 0,12±0,01 mm), résistant aux hautes températures (>800°C±10°C).
Moule pour plaquettes semi-conductrices en carbure cémenté	Moule pour plaquettes semi-conductrices en carbure cémenté	Réseau de micro-rainures (largeur de rainure 0,010,1±0,005 mm, profondeur de rainure 0,020,2±0,01 mm).
Moule d'engrenage d'éolienne en carbure	Moule d'engrenage d'éolienne en carbure cémenté	Forme interne des dents (module 110±0,05, hauteur des dents 220±0,1 mm).
Fixations de traverses de chemin de fer à grande vitesse en alliage dur	Fixation de traverses de train à grande vitesse en carbure cémenté	Broche de forme spéciale (diamètre 520±0,05 mm, longueur 20100±0,5 mm).
Tête de coupe en carbure pour forage offshore	Trépan de forage offshore en carbure cémenté	Conique ou polygonale (longueur de côté 530±0,1 mm), résistante à la corrosion (taux de corrosion <0,01 mm/an±0,002 mm/an).
Accessoires de plaquettes de frein d'aviation en carbure	Composant de plaquette de frein d'aviation en carbure cémenté	Surface poreuse (taille des pores 0,55±0,01 mm), résistance à haute température (>1000°C±10°C).
Bagues d'hélice de navire en carbure	Manchon d'arbre d'hélice de navire en carbure cémenté	En forme d'anneau (diamètre intérieur 20200 ± 0,1 mm, épaisseur de paroi 210 ± 0,05 mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
Axe d'articulation robot en carbure	Axe d'articulation robotique en carbure cémenté	Cylindre étagé (diamètre 220 ± 0,01 mm, longueur 1050 ± 0,5 mm).
Accessoires pour rouleaux d'impression en carbure	Composant de rouleau d'impression en carbure cémenté	Cylindre avec micro rainures (largeur de rainure 0,050,5±0,01 mm).
Noyau de valve de pipeline d'huile en carbure	Noyau de valve d'oléoduc en carbure cémenté	Sphérique ou conique (diamètre 1050 ± 0,05 mm) avec canal d'écoulement (largeur du canal 15 ± 0,1 mm).
Moule de cintrage à chaud en carbure de verre	Moule de cintrage à chaud en verre en carbure cémenté	Surface incurvée (rayon de courbure 5100±0,1mm), résistance à haute température (>700°C±10°C).
Couteaux chirurgicaux médicaux en carbure	Lame chirurgicale en carbure cémenté	Forme de lame fine (épaisseur de lame 0,10,5±0,01 mm, angle de lame 10°30°±1°), surface polie (rugosité Ra<0,02μm±0,005μm).
Foret à os médical en carbure	Foret à os en carbure cémenté	Spirale fine (diamètre 0,55±0,01 mm, longueur 1050±0,5 mm) avec trous de refroidissement (diamètre du trou 0,10,5±0,01 mm).
Mandrin pour pince hémostatique médicale en carbure	Pointe de pince hémostatique en carbure cémenté	Mâchoires dentelées (hauteur des dents 0,10,5±0,01 mm, pas des dents 0,21±0,01 mm).
Outils de coupe du bois en carbure pour l'agriculture et la foresterie	Lame de coupe en carbure cémenté pour bois	Lame courbe ou trapézoïdale (largeur de lame 550±0,1 mm, épaisseur de lame 15±0,05 mm).
Outils de sculpture sur bambou en carbure pour l'agriculture et la foresterie	Outil de sculpture sur bambou en carbure cémenté	Mince et conique (diamètre 0,53±0,01 mm, angle de lame 5°20°±1°).
Lames d'élagage de branches agricoles et forestières en carbure	Lame de coupe de branches en carbure cémenté	En forme de croissant (longueur de la lame 1050±0,1 mm, épaisseur de la lame 0,52±0,05 mm).
Filière de granulation d'aliments pour animaux d'élevage et de pêche en carbure cémenté	Filière de granulation d'alimentation en carbure cémenté	Plaque multipuits (taille des pores 0,55 ± 0,01 mm, distance des pores 110 ± 0,1 mm).
Matrice de dessin de corde de filet de pêche en carbure	Matrice de dessin de corde de filet de pêche en carbure cémenté	Trou circulaire (ouverture 0,12 ± 0,005 mm), résistant à l'usure (taux d'usure < 0,02 mm3/ N·m ± 0,01 mm3/ N·m).
Tête de coupe en carbure cémenté pour le travail du sol agricole et forestier	Foret de travail du sol en carbure cémenté	Conique ou courbe (largeur de lame 530±0,1 mm, épaisseur de lame 210±0,05 mm).
Forets dentaires médicaux en carbure	Fraise dentaire en carbure cémenté	Micro-spirale (diamètre 0,22 ± 0,005 mm, longueur 520 ± 0,5 mm).
Lames de tondeuse à gazon en carbure	Lame de tonte à gazon en carbure cémenté	Lame ondulée (hauteur de vague 15±0,1 mm, longueur de lame 20100±0,1 mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
Matrice de meulage en carbure pour hameçons	Moule d'affûtage d'hameçons en carbure cémenté	Cavité courbée (profondeur de la cavité 0,52±0,01 mm, largeur de la cavité 0,21±0,01 mm).
Moule pour aiguilles de suture médicales en carbure	Moule d'aiguille de suture chirurgicale en carbure cémenté	Forme d'arc élancée (diamètre d'arc 0,11±0,005 mm, longueur 520±0,5 mm).
Outils de rabotage du bois en carbure pour l'agriculture et la foresterie	Outil de rabotage du bois en carbure cémenté	Rectangulaire ou trapézoïdal (largeur de lame 550±0,1 mm, épaisseur de lame 15±0,05 mm).
Lames de coupe en carbure pour l'élevage, la pêche et l'aquaculture	Lame de traitement des fruits de mer en carbure cémenté	Forme de lame fine (épaisseur de lame 0,21±0,01 mm, longueur de lame 1050±0,1 mm).
Accessoires de buses de protection des plantes agricoles et forestières en carbure	Buse de pulvérisation en carbure cémenté	Cône poreux (diamètre des pores 0,11 ± 0,01 mm), résistant à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an ± 0,002 mm/an).
Lame d'endoscope médical en carbure	Lame d'endoscope en carbure cémenté	Micro-arc (largeur de lame 0,22±0,01 mm, épaisseur de lame 0,10,5±0,01 mm).
Outils de forage en carbure pour l'agriculture, la foresterie et le travail du bois	Foret à bois en carbure cémenté	Forme en spirale (diamètre 220 ± 0,05 mm, longueur 20100 ± 0,5 mm).
Lames de mélange d'aliments en carbure pour le bétail et la pêche	Lame de mélange d'alimentation en carbure cémenté	Surface courbe (largeur de la lame 1050±0,1 mm, épaisseur de la lame 25±0,05 mm).
Matrices en carbure pour l'agriculture, la foresterie, la sculpture sur bambou et sur bois	Moule à sculpture en bambou/bois en carbure cémenté	Surface courbe complexe (rayon de courbure 220±0,05 mm) avec micro-rainures (largeur de rainure 0,10,5±0,01 mm).
Outils de gravure de bijoux en carbure	Outil de gravure de bijoux en carbure cémenté	Pointe fine et conique (diamètre 0,11 ± 0,005 mm, longueur 520 ± 0,5 mm) pour la gravure de précision des pierres précieuses et des métaux.
Lames de transformation des aliments en carbure	Lame de transformation alimentaire en carbure cémenté	Lame dentelée fine (hauteur des dents 0,21 ± 0,01 mm, longueur de la lame 20100 ± 0,1 mm), utilisée pour couper des aliments surgelés ou mous.
Pointes de navette en carbure pour métier à tisser textile	Embout de navette pour métier à tisser textile en carbure cémenté	Forme d'arc mince (largeur 15 ± 0,05 mm, longueur 1030 ± 0,5 mm), résistante à l'usure, utilisée pour le tissage à grande vitesse.
Trépans de carottage géologique en carbure	Foret géologique en carbure cémenté	Dents coniques (hauteur des dents 15 ± 0,1 mm, diamètre 1050 ± 0,1 mm) pour l'échantillonnage de roches et de minéraux.
Inserts de bouclier thermique en carbure pour	Insert de bouclier thermique pour vaisseau spatial en carbure cémenté	Panneau courbé (épaisseur 110±0,05 mm, rayon de courbure 10100±0,1 mm), résistant aux hautes températures (>2000°C±10°C).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
engins spatiaux		
Lames de coupe en carbure pour papier	Lame de coupe de papier en carbure cémenté	Lame droite fine (épaisseur de la lame 0,10,5±0,01 mm, longueur 50200±0,1 mm), utilisée pour le traitement du papier à grande vitesse.
Couteau à effiler le cuir en carbure	Outil à parer le cuir en carbure cémenté	Lame courbée (largeur de lame 210±0,05 mm, angle de lame 10°30°±1°) pour un amincissement précis du cuir.
Disque de coupe en carbure pour carreaux de céramique	Disque de coupe pour carreaux de céramique en carbure cémenté	Rond avec micro dents (hauteur des dents 0,21 ± 0,01 mm, diamètre 1050 ± 0,1 mm) pour une coupe nette des carreaux.
Pointe de gravure sur verre en carbure	Pointe de gravure sur verre en carbure cémenté	Micro-cône (diamètre 0,050,5±0,005 mm, longueur 515±0,5 mm) pour motifs de verre complexes.
Rouleau de traitement du caoutchouc au carbure	Rouleau de traitement du caoutchouc en carbure cémenté	Courroie cylindrique à micro-rainures (largeur de rainure 0,10,5±0,01 mm, profondeur de rainure 0,10,5±0,01 mm), utilisée dans la fabrication de pneus.
Filière d'extrusion de plastique en carbure	Filière d'extrusion de plastique en carbure cémenté	Multiporeux (taille des pores 0,22 ± 0,01 mm), utilisé pour le moulage plastique de haute précision.
Forets à glace en carbure	Foret à glace en carbure cémenté	Dents de ceinture en spirale (hauteur des dents 15±0,1 mm, diamètre 1050±0,1 mm) pour l'exploration polaire.
Moule pour agrafeuse médicale en carbure	Moule d'agrafeuse chirurgicale en carbure cémenté	Les plaques à micro-rainures (largeur de rainure 0,10,5±0,01 mm, profondeur de rainure 0,10,5±0,01 mm) sont utilisées pour la production d' agrafeuses médicales.
Lame à éplucher les fruits en carbure	Lame à éplucher les fruits en carbure cémenté	Lame fine courbée (épaisseur de la lame 0,10,5±0,01 mm, longueur de la lame 1050±0,1 mm) pour la transformation automatisée des aliments.
Pointe de semoir en carbure	Pointe de foret pour semoir à graines en carbure cémenté	Conique (diamètre 210 ± 0,05 mm, longueur 1030 ± 0,5 mm) pour l'agriculture de précision.
Lames de coupe de tapis en carbure	Lame de coupe de tapis en carbure cémenté	Lame dentelée (hauteur des dents 0,52 ± 0,05 mm, longueur de la lame 20100 ± 0,1 mm) pour une coupe nette des textiles.
Moule de greffe osseuse en carbure	Moule de greffe osseuse en carbure cémenté	Cavité poreuse (diamètre des pores 0,11±0,01 mm, profondeur de la cavité 110±0,1 mm) pour implants orthopédiques.
Outils de gravure de micropuces en carbure	Outil de gravure de micropuces en carbure cémenté	Pointe micro-conique (diamètre 0,010,1±0,005 mm, longueur 210±0,5 mm) pour la fabrication de semi-conducteurs.
Foret d'échantillonnage de sol lunaire en carbure cémenté	Trépan d'échantillonnage de sol lunaire en carbure cémenté	Les dents de courroie en spirale (hauteur des dents 15±0,1 mm, diamètre 1050±0,1 mm) sont utilisées pour l'exploration spatiale.
Moule d' articulation prothétique en carbure	Moule prothétique en carbure cémenté	Surface courbe (rayon de courbure 550±0,05 mm) avec micropores (taille des pores 0,10,5±0,01 mm) pour prothèses médicales.
Outil de gravure de décoration architecturale en carbure	Outil de gravure de décoration architecturale en carbure cémenté	Cône mince (diamètre 0,22±0,01 mm, longueur 1030±0,5 mm), utilisé pour le traitement décoratif de la pierre et du métal.
Moule d'engrenage de	Moule pour engrenages de montre en	Les micro-dents internes (module 0,10,5±0,005, hauteur des dents 0,21±0,01

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
montre en carbure	carbure cémenté	mm) sont utilisées dans la fabrication de montres de haute précision.
Lames de coupe pour instruments en carbure	Lame de coupe d'anches en carbure cémenté pour instruments de musique	Lame droite fine (épaisseur de la lame 0,10,3±0,01 mm, longueur de la lame 520±0,1 mm), utilisée pour le traitement des anches de piano ou de saxophone.
Manchon de roulement de skateboard pour équipement de sport en carbure	Manchon de roulement de skateboard en carbure cémenté	Annulaire (diamètre intérieur 530 ± 0,05 mm, épaisseur de paroi 0,52 ± 0,05 mm), résistant à l'usure (taux d'usure < 0,02 mm3/ N·m ± 0,01 mm3/ N·m).
Machine de découpe d'emballage en carbure	Lame de coupe en carbure cémenté pour machine d'emballage	Courbé ou dentelé (largeur de lame 550±0,1 mm, épaisseur de lame 0,53±0,05 mm), utilisé pour couper des films plastiques.
Outil de coupe de barres d'acier de construction en carbure	Outil de coupe de barres d'armature en carbure cémenté	Lame trapézoïdale (largeur de lame 1050±0,1 mm, épaisseur de lame 210±0,05 mm), utilisée pour le traitement des barres d'acier.
Moule d'aiguille de montre en carbure	Moule d'aiguille de montre en carbure cémenté	Forme spéciale élancée (largeur 0,11 ± 0,01 mm, longueur 520 ± 0,5 mm), utilisée pour le moulage de pointeurs de précision.
Goupilles de cordes d'instruments en carbure	Goupille de fixation de corde d'instrument de musique en carbure cémenté	Cylindrique (diamètre 15±0,01 mm, longueur 520±0,5 mm), pour guitare ou violon.
Moule pour tête de club de golf en carbure pour équipement sportif	Moule pour tête de club de golf en carbure cémenté	Surface courbe complexe (rayon de courbure 550±0,05 mm) avec micro-rainures (largeur de rainure 0,21±0,01 mm).
Lames de scellage en carbure pour machines d'emballage	Lame de scellage pour machine d'emballage en carbure cémenté	Lame droite fine (épaisseur de la lame 0,10,5±0,01 mm, longueur de la lame 20100±0,1 mm), utilisée pour les emballages thermoscellés.
Forets en carbure pour verre architectural	Foret pour verre architectural en carbure cémenté	Forme en spirale (diamètre 220 ± 0,05 mm, longueur 20 100 ± 0,5 mm), utilisée pour l'installation de murs-rideaux en verre.
Moule à ressort de montre en carbure	Moule à ressort de montre en carbure cémenté	Les feuilles spiralées (épaisseur 0,10,5±0,01 mm, largeur 15±0,05 mm) sont utilisées pour former des ressorts pour montres mécaniques.
Moule d'embouchure d'instrument de musique en carbure	Moule d'embouchure d'instrument de musique en carbure cémenté	Cavité conique (profondeur de la cavité 210 ± 0,1 mm, largeur de la cavité 15 ± 0,05 mm), utilisée pour les instruments en laiton.
Moule pour pignon de vélo en carbure pour équipement de sport	Moule pour pignon de vélo en carbure cémenté	Forme de dent externe (hauteur de dent 15±0,1 mm, pas de dent 510±0,1 mm), utilisée pour la production de pignons.
Outil de refendage pour machine d'emballage en carbure	Outil de refendage pour machine d'emballage en carbure cémenté	Lame ronde (diamètre 20100±0,1 mm, épaisseur de la lame 0,21±0,01 mm), utilisée pour le refendage de bobines.
Outils de rainurage en carbure pour pierre de	Outil de rainurage en carbure cémenté	Lame rectangulaire ou courbe (largeur de lame 520±0,1 mm, épaisseur de lame 15±0,05 mm), utilisée pour le traitement du marbre.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Nom du produit	nom anglais	décrire
construction		
Goupille de positionnement de mouvement de montre en carbure	Goupille d'alignement de mouvement de montre en carbure cémenté	Cylindres miniatures (diamètre 0,52 ± 0,005 mm, longueur 210 ± 0,5 mm) pour assemblage de mouvements.
Moule pour tête de baguette de batterie en carbure pour instrument de musique	Moule pour tête de baguette en carbure cémenté	Sphérique ou elliptique (diamètre 520±0,1 mm, hauteur 515±0,1 mm), utilisé pour la production de baguettes.
Lames de snowboard en carbure pour équipements sportifs	Lame de ski à carre en carbure cémenté	Lame droite fine (épaisseur de la lame 0,21 ± 0,01 mm, longueur de la lame 50200 ± 0,1 mm), utilisée pour le bord des snowboards.
Outil de perforation pour machine d'emballage en carbure	Outil de perforation pour machine d'emballage en carbure cémenté	Plaque perforée (taille des pores 0,11 ± 0,01 mm, espacement des pores 0,55 ± 0,05 mm) pour un emballage facile à déchirer.
illustrer	Les dimensions dans le tableau ci-dessus peuvent être manquantes - par exemple, « longueur de lame 50200±0,1 mm » est en fait 50 - 200±0,1 mm.	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.3 Effet de la forme sur la performance et le processus

La forme (morphologie des particules, géométrie du produit fini) affecte de manière significative les propriétés du carbure cémenté (fluidité 13,020 secondes/50g±0,1 seconde/50g, dureté HV 16002200±30, durée de vie > 10 heures±1 heure) et le procédé (pressage, frittage, fabrication additive). La morphologie des particules détermine la fluidité (13,020 secondes/50g±0,1 seconde/50g) et la densité (4,55,1 g/cm³±0,01 g/cm³), et la forme du produit fini affecte la distribution des contraintes (facteur de concentration des contraintes <1,5±0,1) et l'adaptation fonctionnelle. Optimisation par modèles théoriques (KozenyCarman , FEA) et analyse de cas.

Cette section commence par des études de cas sur la morphologie et la fluidité des particules, la relation densité, la forme du produit fini et la distribution des contraintes, ainsi que l'optimisation de la forme.

10.6.3.1 Relation entre la morphologie, la fluidité et la densité des particules (modèle de Kozeny-Carman)

Français Principes de base et aperçu technique

La morphologie des particules (sphéricité 95 % 60 % ± 2 %) détermine la fluidité (13,020 sec/50 g ± 0,1 sec/50 g) et la masse volumique apparente (4,55,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³), qui sont quantifiées par le modèle de Kozeny-Carman (porosité ε, perméabilité k). Les particules sphériques (> 95 % ± 2 %) ont une fluidité de 13,014,0 sec/50 g ± 0,1 sec/50 g et une masse volumique de 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ ; les particules floconneuses (rapport d'aspect > 5:1 ± 0,5) ont une fluidité de > 20 sec/50g ± 0,1 sec/50g et une densité de < 4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

Les tests incluent la coulabilité (ASTM B213, précision ± 0,1 s/50 g), la masse volumique (ASTM B212, précision ± 0,01 g/cm³) et la morphologie (MEB, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm). Par exemple, la coulabilité des particules sphériques de WC6Co est de 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g et la masse volumique de 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

Mécanisme et analyse

Le modèle de Kozeny-Carman ($k = \varepsilon^3/[C(1\varepsilon)^2S^2]$, C5±0,5, S est la surface spécifique) montre que les particules sphériques (ε0,36±0,01) ont une perméabilité élevée ($k10^{-12}$ m²±10^{-13} m²) et une excellente fluidité ; les particules en flocons (ε>0,75±0,02) ont une faible perméabilité ($k10^{-14}$ m²±10^{-15} m²) et une mauvaise fluidité. Le MEB montre que les particules sphériques ont moins de points de contact (<5 points/particule±1 point) et que les particules en flocons sont fortement enchevêtrées (>50%±5%). Le test de fluidité montre que les particules sphériques sont 13,5 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g meilleures que les particules en flocons (22 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g).

Analyse des facteurs d'influence

Sphéricité : > 95 % ± 2 %, k augmente de 50 % ± 5 % ; < 80 % ± 2 %, k diminue de 30 % ± 5 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Taille des particules : 1030 μm±0,01 μm , ε est faible ; >50 μm±0,01 μm , ε augmente de 10 %±2 %.
Rugosité de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , la fluidité augmente de 10 %±2 % ; >0,5 μm±0,01 μm , la fluidité diminue de 15 %±3 %.
Distribution des particules : pic unique, k est stable ; distribution large, k diminue de 10 % ± 2 %.
Humidité : >0,5%±0,01%, la fluidité diminue de 20%±3%.
Par exemple, la fluidité du WC6Co (sphéricité 80 % ± 2 %) tombe à 16 sec/50 g ± 0,1 sec/50 g.

La stratégie d'optimisation
vise à obtenir une fluidité de 13,016,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g et une densité > 4,8 g/cm³ ± 0,01 g/cm³. Il est recommandé de :
Optimisation de la morphologie : sphéricité > 90 % ± 2 %, par sphéroïdisation plasma.
Contrôle de la taille des particules : 1030 μm±0,01 μm , distribution unimodale.
Optimisation de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , frottement réduit.
Contrôle environnemental : humidité < 0,1% ± 0,01 %, éviter l'agglomération.
Spécifications de test : ASTM B213 (fluidité), KozenyCarman (perméabilité).

Par exemple, le WC6Co (sphéricité 95 % ± 2 %) a une fluidité de 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g et une densité de 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

10.6.3.2 Forme et répartition des contraintes des produits finis en carbure cémenté (simulation FEA)

Principes de base et aperçu technique
La forme du produit fini (tôle, tige, géométrie complexe) affecte la distribution des contraintes (facteur de concentration des contraintes K_t <1,5±0,1), qui est simulée par analyse par éléments finis (FEA, ANSYS, maillage <0,01 mm±0,001 mm). Lames de tôle (épaisseur 3 mm±0,01 mm) K_t1,1±0,05, forets de tige (diamètre 10 mm±0,01 mm) K_t1,3±0,05 et buses complexes (ouverture 0,3 mm±0,01 mm) K_t~1,4±0,05.

Les tests comprennent la répartition des contraintes (FEA, précision ± 1 MPa), la résistance (ISO 3327, précision ± 10 MPa) et la rupture (SEM, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm). Par exemple, la FEA de la pale YG8 montre une contrainte maximale de 200 MPa ± 10 MPa, et la résistance mesurée est de 4 200 MPa ± 50 MPa.

Mécanisme et analyse
La simulation FEA (module de Young 550 GPa±10 GPa , coefficient de Poisson 0,22±0,01) montre que la contrainte de la lame de tôle est uniforme (écart <5%±1%), la contrainte axiale du foret à tige est élevée (>300 MPa±10 MPa), et la contrainte de la paroi du trou de la buse est concentrée (K_t~1,4±0,05). Le SEM montre que la fracture de la lame est lisse (fossette <1 μm±0,1 μm), et qu'il y a des microfissures sur la paroi du trou de la buse (<0,01 mm±0,001 mm). Le test de résistance montre que la lame YG8 est meilleure que la buse (résistance 3800 MPa±50 MPa).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Analyse des facteurs d'influence

Forme : Flocon, faible K_t ; géométrie complexe, K_t augmenté de 20%±3%.

Taille : Épaisseur > 3 mm ± 0,01 mm, la contrainte est uniforme ; < 1 mm ± 0,01 mm, le taux de fracture augmente de 10 % ± 2 %.

Taille des grains : 0,52 μm±0,01 μm , haute résistance ; > 5 μm±0,01 μm , la résistance diminue de 10 %±2 %.

Porosité : < 0,1 % ± 0,01 %, K_t est stable ; > 0,5 % ± 0,01 %, K_t augmente de 15 % ± 3 %.

Charge : Impact (>1000 N±100 N), faible K_t requis ; statique, K_t tolérant .

Par exemple, le K_t de la buse YG8 (porosité 0,5 % ± 0,01 %) est passé à 1,6 ± 0,05.

La stratégie d'optimisation

consiste à atteindre K_t < 1,5 ± 0,1, une résistance > 4000 MPa ± 50 MPa, et il est recommandé de :

Optimisation de forme : congé d'angle > 0,1 mm ± 0,01 mm, K_t inférieur .

Contrôle des grains : 0,52 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).

Optimisation HIP : 1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa, porosité <0,1%±0,01%.

Optimisation FEA : grille < 0,01 mm ± 0,001 mm, précision augmentée de 10 % ± 2 %.

Spécifications d'essai : FEA (contrainte), ISO 3327 (résistance).

Par exemple, la lame YG8 (rayon d'angle 0,2 mm ± 0,01 mm) a K_t ~ 1,1 ± 0,05 et une résistance de 4 200 MPa ± 50 MPa.

10.6.3.3 Étude de cas d'optimisation de forme (durée de vie de l'outil augmentée de 30 %)

Principes de base et aperçu de la technologie

Optimisation de la forme Améliorez la durée de vie de l'outil de 30 % ± 5 % (> 12 h ± 1 h) en ajustant la morphologie des particules (sphéricité > 95 % ± 2 %) et la géométrie du produit fini (rayon d'arête < 50 μm ± 1 μm). Exemple : la plaquette P10 optimise l'arête (rayon 40 μm ± 1 μm) et la poudre (sphéricité 98 % ± 1 %), la durée de vie passe de 9 h ± 1 h à 12 h ± 1 h.

Les tests portent sur la durée de vie (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), l'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^3/ N·m) et la morphologie (MEB, résolution < 0,1 μm± 0,01 μm). Par exemple, l'insert P10 optimisé présente un taux d'usure de 0,03 mm^3/N·m± 0,01 mm^3/ N·m et une durée de vie de 12 heures± 1 heure.

Mécanisme et analyse :

La poudre sphérique (fluidité 13,5 sec/50g±0,1 sec/50g) améliore la densité (> 99%±0,1%), et le tranchant fin (40 μm±1 μm) réduit la force de coupe (< 100 N±10 N). L'analyse par éléments finis montre que le coefficient de concentration de contrainte de la lame optimisée est K_t1,1±0,05, ce qui est 15%±3% inférieur à celui d'origine (K_t1,3±0,05). Le MEB montre que la lame optimisée s'use uniformément (profondeur < 0,01 mm±0,001 mm) et qu'il n'y a pas d'écaillage (< 0,01 mm±0,001 mm). Le test de durée de vie montre que le P10 optimisé est meilleur que celui d'origine (9 heures±1 heure).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Analyse des facteurs d'influence

Sphéricité : > 95 % ± 2 %, densité élevée ; < 90 % ± 2 %, porosité augmentée de 10 % ± 2 %.

Rayon de coupe : < 50 μm±1 μm , faible force de coupe ; > 100 μm±1 μm , la force de coupe augmente de 15 % ± 3 %.

Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , excellente résistance à l'usure ; >2 μm±0,01 μm , durée de vie réduite de 10 %±2 %.

Revêtement : TiAlN (2 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 20 %±3 % ; sans revêtement, durée de vie réduite de 15 %±3 %.

Vitesse de coupe : > 1000 m/min ± 10 m/min, une optimisation de la forme est requise ; < 500 m/min ± 10 m/min, applicable aux formes ordinaires.

Par exemple, le P10 original (tranchant 100 μm ± 1 μm) a une durée de vie de 9 heures ± 1 heure.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une augmentation de la durée de vie de 30 % ± 5 % et un taux d'usure inférieur à 0,03 mm^3/ N·m ± 0,01 mm^3/ N·m . Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation de la poudre : sphéricité > 95 % ± 2 %, granulométrie 1030 μm ± 0,01 μm .

Optimisation des arêtes de coupe : rayon < 50 μm±1 μm , précision de meulage < 1 μm±0,1 μm .

Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 20%±3%.

Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).

Spécifications d'essai : ISO 3685 (durée de vie), ASTM G99 (abrasion).

Demande d'ingénierie

Lame optimisée : P10 (tranchant 40 μm±1 μm), durée de vie 12 heures±1 heure, gain de 30%±5%.

Usinage aéronautique : outil YG8 optimisé (taux d'usure 0,03 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m) durée de vie 13 heures±1 heure.

Traitement de l'acier : précision optimisée P10 (K_t ~ 1,1 ± 0,05) < 0,1 mm ± 0,01 mm.

Ces cas montrent que l’optimisation de la forme peut améliorer considérablement les performances.

10.6.4 Méthodes d'essai et de caractérisation

Les tests et la caractérisation de la forme du carbure (morphologie des particules, géométrie du produit fini) garantissent des performances constantes (fluidité 13,020 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g, précision < 10 μm ± 1 μm , taux d'usure < 0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m). Les méthodes comprennent le MEB, l'analyse granulométrique au laser, la numérisation 3D, les tests CT et la vérification des performances pour répondre aux normes ISO et ASTM.

Cette section commence par la morphologie des particules, la géométrie du produit fini et la vérification des performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.4.1 Morphologie des particules : MEB, analyse granulométrique au laser (sphéricité > 95 %)

Principes de base et aperçu technique

La morphologie des particules est caractérisée par MEB (résolution < 0,1 μm±0,01 μm) et analyse granulométrique laser (précision ± 0,01 μm), quantifiant la sphéricité (> 95 % ± 2 %), la taille des particules (1 050 μm ± 0,01 μm) et la rugosité de surface (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm). Le MEB est utilisé pour observer la morphologie, et l'analyseur granulométrique laser est utilisé pour mesurer le D50 et la distribution.

L'équipement comprend un microscope électronique à balayage (MEB) (tension d'accélération 520 kV ± 0,1 kV) et un granulomètre laser (plage de mesure 0,11000 μm ± 0,01 μm). Le test est conforme à la norme ISO 13322 (morphologie, précision ± 1 %). Par exemple, la sphéricité des particules sphériques de WC6Co est de 98 % ± 1 %, et celle de D50 est de 20 μm ± 0,01 μm .

Mécanisme et analyse

Le MEB génère des images morphologiques par balayage de faisceau d'électrons (courant de faisceau <1 nA±0,1 nA), distinguant les bords et les coins (<0,1 μm±0,01 μm) et les défauts de surface (<0,01 μm±0,001 μm). L'analyse granulométrique laser est basée sur la diffusion Mie (longueur d'onde 633 nm±1 nm) pour mesurer la distribution granulométrique (écart <0,1%±0,01%). Le MEB montre que la surface des particules sphériques est lisse (Ra<0,1 μm±0,01 μm) et que les particules irrégulières ont des bords et des coins évidents (angle <90°±5°). Le test de granulométrie laser montre que D50~20 μm±0,01 μm , avec une distribution de pic unique (largeur <5 μm±0,1 μm).

Analyse des facteurs d'influence

Tension d'accélération : 10 kV±0,1 kV, haute résolution ; >20 kV±0,1 kV, taux de dommages augmenté de 10 %±2 %.

Quantité d'échantillon : 0,1 g ± 0,01 g, distribution précise ; < 0,05 g ± 0,01 g, écart augmenté de 10 % ± 2 %.

Dispersant : éthanol, dispersion uniforme ; eau, le taux d'agglomération augmente de 10 % ± 2 %.

Sphéricité : > 95 % ± 2 %, simple à mesurer ; < 80 % ± 2 %, l'erreur augmente de 5 % ± 1 %.

Plage de granulométrie : 1050 μm±0,01 μm , haute précision ; >100 μm±0,01 μm , l'écart augmente de 10 %±2 %.

Par exemple, le flou de l’image SEM du WC6Co (tension 25 kV±0,1 kV) a augmenté de 5 %±1 %.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une sphéricité > 95 % ± 2 % et une précision D50 ± 0,01 μm . Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation SEM : tension 1015 kV ± 0,1 kV, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm .

Optimisation de la taille des particules : échantillon 0,10,2 g ± 0,01 g, dispersion d'éthanol.

Étalonnage : Particules standard (écart < 0,1 % ± 0,01 %), précision augmentée de 5 % ± 1 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Contrôle environnemental : humidité < 0,1% ± 0,01 %, éviter l'agglomération.
Spécifications d'essai : ISO 13322 (morphologie), analyse granulométrique au laser.
Par exemple, le WC6Co (10 kV±0,1 kV) a une sphéricité de 98 %±1 % et un D50 de 20 μm±0,01 μm .

10.6.4.2 Géométrie du produit fini : numérisation 3D et inspection CT (précision < 5 μm)

La géométrie du produit fini est caractérisée par numérisation 3D (précision <5 μm±0,1 μm) et inspection CT (résolution <1 μm±0,1 μm), quantifiant la taille (<0,01 mm±0,001 mm), la taille des pores (**0,10,5**
mm±0,01 mm) et les défauts internes (<0,01 mm±0,001 mm). La numérisation 3D mesure la géométrie de la surface et la CT détecte la structure interne.

L'équipement comprend un scanner 3D (longueur d'onde laser 405 nm ± 1 nm) et un scanner CT (énergie des rayons X 100-200 kV ± 1 kV). Le test est conforme à la norme ISO 1832 (géométrie, précision ± 0,01 mm). Par exemple, la précision de numérisation 3D de la buse YG8 est de 4 μm ± 0,1 μm et l'ouverture du scanner CT est de 0,3 mm ± 0,01 mm.

Analyse des mécanismes
^{4} points/cm^{2}±10^{3} points/cm^{2}) par triangulation laser (résolution <5 μm±0,1 μm), et la tomodensitométrie reconstruit la structure interne (résolution <1 μm±0,1 μm) par atténuation des rayons X (coefficient d'absorption ~1 cm^{-1}±0,1 cm^{-1}). La numérisation 3D montre que le rayon de courbure de la buse est de 0,5 mm±0,01 mm, avec un écart de <0,01 %±0,001 %. Les tests CT confirment que la porosité est <0,1 %±0,01 % et qu'il n'y a pas de fissures (<0,01 mm±0,001 mm).

Analyse des facteurs d'influence
Résolution de numérisation : < 5 μm ± 0,1 μm , haute précision ; > 10 μm ± 0,1 μm , l'écart augmente de 10 % ± 2 %.
Énergie des rayons X : 150 kV±1 kV, excellente clarté ; <100 kV±1 kV, augmentation du bruit de 10 %±2 %.
Taille de l'échantillon : < 50 mm ± 0,1 mm, la tomodensitométrie est très efficace ; > 100 mm ± 0,1 mm, le temps de numérisation augmente de 20 % ± 3 %.
Réflexion de surface : faible réflexion (Ra<0,2 μm±0,01 μm), haute précision ; réflexion élevée, l'erreur augmente de 5%±1%.
Taille du défaut : < 0,01 mm ± 0,001 mm, mesurable par CT ; > 0,1 mm ± 0,01 mm, facile à détecter.
Par exemple, l'erreur de numérisation 3D de YG8 (surface réfléchissante) augmente à 6 μm±0,1 μm .

La stratégie d'optimisation
vise à atteindre une précision < 5 μm ± 0,1 μm et une détection des défauts < 0,01 mm ± 0,001 mm.
Il est recommandé de :
Optimisation de la numérisation 3D : résolution < 5 μm±0,1 μm , densité du nuage de points > 10 ^{4}

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

points/cm²±10³ points/cm².
Optimisation CT : énergie 150200 kV±1 kV, résolution <1 μm±0,1 μm .
Traitement de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , réduit la réflexion.
Étalonnage : Échantillon standard (écart < 0,1 % ± 0,01 %), précision augmentée de 5 % ± 1 %.
Spécifications d'essai : ISO 1832 (géométrie), contrôle CT (défauts).
Par exemple, la buse YG8 (150 kV±1 kV) a une précision de 4 μm±0,1 μm et une porosité de <0,1%±0,01%.

10.6.4.3 Vérification des performances : fluidité (ASTM B213), résistance à l'abrasion (ASTM G65)

Principes de base Aperçu technique
La vérification des performances comprend la fluidité (ASTM B213, 13,020 sec/50g±0,1 sec/50g), la résistance à l'usure (ASTM G65, taux d'usure < 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) et la dureté (ASTM E92, HV 16002200±30) pour garantir que les particules et les produits finis répondent aux exigences de l'application (durée de vie > 10 heures ± 1 heure).

L'équipement d'essai comprend un débitmètre à effet Hall (ouverture 2,5 mm ± 0,01 mm), un testeur d'usure (charge 130 N ± 1 N) et un testeur de dureté (charge 10 kg ± 0,1 kg). L'essai est conforme aux normes ASTM. Par exemple, la coulabilité de la poudre WC6Co est de 13,5 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g, et le taux d'usure de la lame YG8 est de 0,04 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Analyse du mécanisme
Le test de fluidité a été réalisé par écoulement par gravité (débit ~3,7 g/s±0,1 g/s) pour mesurer la résistance des particules (coefficient de frottement <0,5±0,05). Le test d'usure a simulé l'usure avec une meule (vitesse 0,1 m/s±0,01 m/s) pour mesurer la perte de volume (<0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). Le test de dureté a été réalisé par un pénétrateur diamanté (angle 136°±0,5°) pour mesurer la résistance à la déformation (HV 1800±30). Le MEB a montré que la surface usée était lisse (cicatrice d'usure <0,01 mm±0,001 mm).

Les tests montrent que le YG8 est supérieur au YG6 (taux d'usure 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse des facteurs d'influence
Fluidité : Sphéricité > 95 % ± 2 %, 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g ; < 80 % ± 2 %, > 16 s/50 g ± 0,1 s/50 g.
Taux d'usure : grain <1 μm±0,01 μm , <0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m ; >2 μm±0,01 μm , augmentation de 10 %±2 %.
Dureté : HV>1800±30, excellente résistance à l'usure ; <1600±30, le taux d'usure augmente de 15%±3%.
Charge : 130 N±1 N, usure standard ; >200 N±1 N, le taux d'usure augmente de 10 %±2 %.
Environnement : Broyage à sec, faible taux d'usure ; broyage humide, le taux d'usure augmente de 10 % ± 2 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Par exemple, le taux d'usure du YG6 (granulométrie 2 μm ± 0,01 μm) augmente jusqu'à 0,05 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une fluidité de 13,016,0 secondes/50 g ± 0,1 seconde/50 g et un taux d'usure < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m . Recommandé :

Optimisation de la poudre : sphéricité > 95 % ± 2 %, taille des particules 1030 μm ± 0,01 μm .

Optimisation des grains : 0,51 μm±0,01 μm , VC ajouté (0,2 %±0,01 %).

Optimisation des tests : charge 130 N ± 1 N, environnement de broyage à sec.

Étalonnage : Échantillon standard (écart < 0,1 % ± 0,01 %), précision augmentée de 5 % ± 1 %.

Spécifications d'essai : ASTM B213 (fluidité), ASTM G65 (abrasion).

Par exemple, YG8 (sphéricité 98 % ± 1 %) a une fluidité de 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g et un taux d'usure de 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

10.7 Système de nuances et normes du carbure cémenté

Français Le système de nuances et les normes de carbure cémenté guident la sélection et l'application des matériaux par le biais de spécifications de classification et de performance (dureté HV 8002500±30, ténacité K_1 c 825 MPa·m$^{1/2}$±0,5, résistance > 4000 MPa±50 MPa), couvrant la coupe (durée de vie > 10 heures ± 1 heure), la résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m) et le moule (durée de vie > 10⁶fois ± 10⁵fois). Les normes internationales (ISO 513, ASTM, JIS) et les normes chinoises (séries YG, YT, YW) sont coordonnées pour garantir la cohérence des performances (écart < 5 % ± 1 %). Grâce à l'optimisation de la composition (Co 6%15%±1%, WC>80%±1%), du procédé (frittage 1450°C±10°C) et des tests (ASTM E92, G65), il répond aux besoins de traitement de l'acier, de la fonte et des métaux non ferreux.

Cette section analyse systématiquement le système de marque et son application sous quatre aspects : la classification ISO 513, les marques chinoises, les normes ASTM et JIS, ainsi que la sélection et l'optimisation des marques.

10.7.1 Classification ISO 513 (P, M, K, N, S, H)

La norme ISO 513 classe le carbure cémenté en six catégories : P, M, K, N, S et H, en fonction des matériaux des pièces et des conditions de mise en œuvre. Les codes reflètent la composition (WC, TiC , Co, etc.), les performances (dureté HV : 1 600 ± 30, ténacité K_1 c : 1 020 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) et l’application (vitesse de coupe : 5 000 ± 10 m/min). Chaque nuance est adaptée à des conditions de travail spécifiques (acier, fonte, alliages haute température, etc.), et la cohérence globale est assurée par la normalisation (écart < 2 % ± 0,5 %).

Cette section commence par la correspondance entre les codes de qualité et les performances et le

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

champ d’application.

10.7.1.1 Correspondance entre le code de marque et la performance

Principes de base et aperçu technique

Le code de nuance ISO 513 se compose de lettres (P, M, K, N, S, H) et de chiffres (0150), où les lettres représentent le matériau de la pièce et les chiffres reflètent la ténacité et la résistance à l'usure (01 résistance à l'usure élevée, 50 ténacité élevée). Par exemple, P10 (usinage de l'acier) dureté HV 1900±30, K20 (usinage de la fonte) ténacité $K_{1}c$ 15 MPa·m$^{1/2}$±0,5. Les propriétés sont contrôlées par la composition (Co 6%12%±1%, TiC 0%20%±1%) et la granulométrie (0,52 μm±0,01 μm).

Les tests incluent la dureté (ASTM E92, charge 10 kg ± 0,1 kg), la ténacité (ISO 28079, précision ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$) et l'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm^3/ N·m). Par exemple, dureté P10 HV 1900 ± 30, taux d'usure 0,03 mm^3/ N·m ± 0,01 mm^3/ N·m .

Mécanisme et analyseP

Le type (teneur élevée en TiC , 10 % à 20 % ± 1 %) convient à l'acier, avec une dureté HV de 1 800 à 2 000 ± 30 ; Le type K (WC > 90 % ± 1 %) convient à la fonte, avec une ténacité K_{1} c de 1 218 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5 ; Le type M (Co 8 % à 12 % ± 1 %) présente des performances équilibrées et une grande polyvalence ; Le type N (faible teneur en Co, < 6 % ± 1 %) est utilisé pour les alliages d'aluminium, avec une excellente résistance à l'usure ; Le type S (TiC + TaC) résiste aux températures élevées (> 1 000 °C ± 10 °C) ; Le type H (grain ultrafin < 0,5 μm ± 0,01 μm) est utilisé pour les matériaux à dureté élevée (HV > 1 000 ± 50). Le MEB montre que le grain P10 est de 0,51 μm ± 0,01 μm et que Le grain K20 mesure 12 μm±0,01 μm . L'EDS a confirmé la distribution P10 TiC (écart < 0,1 % ± 0,02 %).

Les tests de performance montrent que le taux d'usure du P10 (0,03 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m) est meilleur que celui du K20 (0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m).

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en Co : 6%12%±1%, la ténacité augmente ; <6%±1%, la dureté augmente de 10%±2%.

Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , excellente résistance à l'usure ; >2 μm±0,01 μm , ténacité augmentée de 10 %±2 %.

Additifs : TiC (10 % ± 1 %), excellent traitement de l'acier ; TaC (5 % ± 1 %), performances à haute température augmentées de 15 % ± 3 %.

Revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 30 %±5 % ; sans revêtement, taux d'usure augmenté de 20 %±3 %.

Conditions de traitement : vitesse élevée (> 1000 m/min ± 10 m/min), P est excellent ; faible vitesse, K est applicable.

$K_{1}c$ de P30 (Co 12%±1%) augmente à 18 MPa·m$^{1/2}$±0,5.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une dureté HV de 1600 à 2200 ± 30 et une ténacité K_{1} c de 1020 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. Il

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

est recommandé de :
Optimisation de la composition : Co 6%12%±1%, TiC / TaC ajusté en fonction des conditions de travail.
Contrôle des grains : 0,52 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).
Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 30%±5%.
Optimisation du frittage : 1450°C±10°C, porosité <0,1%±0,01%.
Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 28079 (ténacité).

Par exemple, P10 (TiAlN , 0,5 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1900±30 et un taux d'usure de 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

10.7.1.2 Domaine d'application (acier, fonte, métaux non ferreux)

Français Principes de base et aperçu technique
Les nuances ISO 513 sont optimisées pour des matériaux de pièces spécifiques. Le type P (P01P50) traite l'acier (vitesse de coupe 1000-2000 m/min ± 10 m/min), le type K (K01K50) traite la fonte (800-1500 m/min ± 10 m/min), le type N (N01N50) traite les métaux non ferreux (> 2000 m/min ± 10 m/min), le type M (M01M50) est à usage général, le type S (S01S50) est un alliage haute température et le type H (H01H50) est un matériau à haute dureté (HV> 1000 ± 50). Durée de vie > 10 heures ± 1 heure, précision < 0,1 mm ± 0,01 mm.

Les tests portent sur la durée de vie de coupe (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), l'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm³/ N·m) et la précision (ISO 1832, précision ± 0,01 mm). Par exemple, la durée de vie du P10 dans l'usinage de l'acier est de 12 heures ± 1 heure, et la précision du K20 dans l'usinage de la fonte est inférieure à 0,1 mm ± 0,01 mm.

Mécanisme et analyse
Le type P à haute teneur en TiC (10 % 20 % ± 1 %) réduit l'adhérence de l'acier (coefficient de frottement < 0,3 ± 0,05), le type K à haute teneur en WC (> 90 % ± 1 %) résiste à l'usure de la fonte (taux d'usure 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m), le type N à faible teneur en Co (< 6 % ± 1 %) empêche l'adhérence de l'alliage d'aluminium et le type S TaC (5 % ± 1 %) résiste aux températures élevées (> 1 000 °C ± 10 °C). Le MEB montre que le P10 s'use uniformément (profondeur < 0,01 mm ± 0,001 mm) et que le K20 a une surface lisse (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm). Les tests de coupe montrent que la durée de vie de l'acier P10 est de 12 heures ± 1 heure, ce qui est mieux que le K20 (10 heures ± 1 heure).

Analyse des facteurs d'influence
Matériaux des pièces : Acier (HV 200400±10), classe P ; Fonte (HV 150250±10), classe K.
Vitesse de coupe : > 1000 m/min ± 10 m/min, P est excellent ; < 800 m/min ± 10 m/min, K est applicable.
Revêtement : TiAlN , durée de vie augmentée de 30 % ± 5 % ; sans revêtement, durée de vie diminuée de 20 % ± 3 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , P excellent ; 12 μm±0,01 μm , K applicable.
Liquide de refroidissement : à base d'huile, taux d'usure réduit de 10 % ± 2 % ; à base d'eau, taux d'usure augmenté de 10 % ± 2 %.
Par exemple, la durée de vie de l'acier K20 (non revêtu) est réduite à 8 heures ± 1 heure .

La stratégie d'optimisation
vise à obtenir une durée de vie supérieure à 10 heures ± 1 heure et une précision inférieure à 0,1 mm ± 0,01 mm. Recommandé :
Sélection de nuance : P (acier), K (fonte), N (métal non ferreux).
Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 30%±5%.
Optimisation des grains : 0,52 μm±0,01 μm , ajustée en fonction des conditions de travail.
Optimisation du traitement : Liquide de refroidissement à base d'huile, qualité adaptée à la vitesse.
Spécifications du test : ISO 3685 (durée de vie), ISO 1832 (précision).

Demande d'ingénierie
Traitement de l'acier : P10 (dureté HV 1900±30) durée de vie 12 heures±1 heure.
Usinage de la fonte : K20 (précision < 0,1 mm ± 0,01 mm), durée de vie 10 heures ± 1 heure.
Traitement de l'alliage d'aluminium : N10 (taux d'usure 0,02 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) durée de vie 15 heures±1 heure.
Ces applications montrent que la classification ISO 513 correspond exactement aux conditions de travail.

10.7.2 Marques chinoises (séries YG, YT, YW)

Le système de qualité chinois comprend les séries YG (WCCo), YT (WCTiCCo) et YW (WCTiCTaCCo), avec une composition (Co 6%15%±1%) et des propriétés (dureté HV 14002000±30, ténacité K_{1} c 1020 $MPa·m^{1/2}$±0,5) optimisées pour la coupe (vitesse 5001500 m/min±10 m/min) et la résistance à l'usure (durée de vie> 10^4heures ±10^3heures), et coordonnées avec la norme ISO 513 (écart <5%±1%).

Cette section commence par la composition et les performances des YG6 et YT15 et leur comparaison avec les grades ISO.

10.7.2.1 Composition et propriétés de YG6 et YT15 (Co 6%15%)

Principe de base et aperçu technique
YG6 (WC 94%±1%, Co 6%±1%) et YT15 (WC 79%±1%, TiC 15%±1%, Co 6%±1%) sont des nuances chinoises typiques. YG6 a une dureté de HV 1500±30 et une ténacité de K_{1c} 14 $MPa·m^{1/2}$±0,5 ; YT15 a une dureté de HV 1700±30 et une excellente résistance à l'usure (taux d'usure 0,03 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$). Taille de grain 0,52 μm±0,01 μm , fritté à 1450°C±10°C.

Les tests incluent la dureté (ASTM E92, charge 10 kg ± 0,1 kg), la ténacité (ISO 28079, précision

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

± 0,5 MPa·m¹/²) et l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³/ N·m). Par exemple, la ténacité de l'YG6 est de 14 MPa·m¹/² ± 0,5 et le taux d'usure de l'YT15 est de 0,03 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Mécanisme et analyseYG6

WC élevé (94 % ± 1 %) offre une ténacité ($K_{1}c$ 14 MPa·m¹/² ± 0,5), adaptée au traitement de la fonte (vitesse 800 1 200 m/min ± 10 m/min) ; YT15 TiC élevé (15 % ± 1 %) améliore la dureté (HV 1 700 ± 30), adaptée à l'acier (vitesse 1 000 1 500 m/min ± 10 m/min). Le MEB montre que la taille des grains de YG6 est de 12 μm ± 0,01 μm et que la taille des grains de YT15 est de 0,51 μm ± 0,01 μm . L'EDS confirme que le TiC de YT15 est uniforme (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests d'usure montrent que le YT15 est meilleur que le YG6 (taux d'usure 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en Co : 6 % ± 1 % (YG6), ténacité élevée ; 10 % ± 1 %, ténacité augmentée de 10 % ± 2 %.
TiC : 15 % ± 1 % (YT15), dureté élevée ; 0 % (YG6), dureté réduite de 15 % ± 3 %.
Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm (YT15), excellente résistance à l'usure ; >2 μm±0,01 μm , ténacité augmentée de 10 %±2 %.
Température de frittage : 1450°C±10°C, performances équilibrées ; >1500°C±10°C, croissance des grains 10%±2%.
Revêtement : TiAlN (2 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 30%±5%.
Par exemple, la ténacité du YG6 (Co 10 % ± 1 %) augmente jusqu'à 16 MPa·m¹/² ± 0,5.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une dureté HV de 1400 à 2000 ± 30 et une ténacité K_{1} c de 1020 MPa·m¹/² ± 0,5. Il est recommandé de :
Optimisation de la composition : YG6 (Co 6%8%±1%), YT15 (TiC 10%15%±1%).
Contrôle des grains : 0,52 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).
Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 30%±5%.
Optimisation HIP : 1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa, porosité <0,1%±0,01%.
Spécifications de test : ASTM E92 (dureté), ASTM G65 (abrasion).

Par exemple, YT15 (TiAlN , 0,5 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1700±30 et un taux d'usure de 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

10.7.2.2 Comparaison avec les grades ISO

Français Principes de base et aperçu technique

Les nuances chinoises correspondent à la norme ISO 513 : YG6≈K20, YT15≈P15, écart de performance <5%±1%. YG6 (Co 6%±1%) ténacité $K_{1}c$ 14 MPa·m¹/²±0,5, K20 (Co 6%8%±1%) $K_{1}c$ 15 MPa·m¹/²±0,5 ; YT15 (TiC 15%±1%) dureté HV 1700±30, P15 (TiC 10%15%±1%) HV 1800±30. La coordination est réalisée par la composition et la normalisation des tests.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les tests portent sur la dureté (ASTM E92, précision ± 30 HV), la ténacité (ISO 28079, précision ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$) et les performances de coupe (ISO 3685, précision ± 0,01 mm). Par exemple, la durée de vie des fontes YG6 et K20 est de 10 heures ± 1 heure, avec un écart de < 3 % ± 1 %.

Mécanisme et analyse

YG6 et K20 à haute teneur en WC (> 90 % ± 1 %) assurent la stabilité de l'usinage de la fonte (taux d'usure 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m), YT15 et P15 à haute teneur en TiC (10 % 15 % ± 1 %) conviennent à l'acier (coefficient de frottement < 0,3 ± 0,05). Le MEB montre que les grains de YG6 et K20 sont de 12 μm ± 0,01 μm et les grains de YT15 et P15 sont de 0,51 μm ± 0,01 μm . La DRX confirme que la phase WC (2θ35,6° ± 0,1°) et la phase TiC (2θ36,8° ± 0,1°) sont cohérentes. Les tests de coupe montrent que la durée de vie de l'acier YT15 est de 12 heures ± 1 heure et que la durée de vie du P15 est de 12,5 heures ± 1 heure.

Analyse des facteurs d'influence

Écart de composition : Co±1%, écart de performance <5%±1% ; >±2%, augmentation de l'écart 10%±2%.

Taille des grains : 0,52 μm±0,01 μm , performances constantes ; > 5 μm±0,01 μm , l'écart augmente de 10 %±2 %.

Revêtement : TiAlN est cohérent, la durée de vie augmente de 30 % ± 5 % ; différents revêtements, l'écart augmente de 10 % ± 2 %.

Conditions de traitement : vitesse 1000 m/min±10 m/min, YT15≈P15 ; <500 m/min±10 m/min, YG6 excellent.

Norme de test : ASTM vs ISO, écart < 2 % ± 0,5 %.

Par exemple, la dureté du YT15 (TiC 20%±1%) augmente jusqu'à HV 1800±30, ce qui est proche de P10.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir un écart de performance < 5 % ± 1 % et une durée de vie > 10 heures ± 1 heure.

Recommandations :

Coordination de la composition : YG6 (Co 6%8%±1%), YT15 (TiC 10%15%±1%).

Optimisation des grains : 0,52 μm±0,01 μm , VC ajouté (0,2 %±0,01 %).

Revêtement uniforme : TiAlN (25 μm ± 0,1 μm), performances constantes.

Normalisation des tests : ASTM E92, ISO 3685, écart <2%±0,5%.

Optimisation du procédé : frittage à 1450°C±10°C, porosité <0,1%±0,01%.

Par exemple, la ténacité du YG6 (processus K20) K_{IC} est de 14,5 MPa·m$^{1/2}$±0,5, avec un écart de <3%±1%.

10.7.3 Normes ASTM et JIS

Les normes ASTM (États-Unis) et JIS (Japon) régissent les tests de performance du carbure (dureté, ténacité, usure) et la fabrication (écart de composition < 1 % ± 0,1 %), en coordination avec l'ISO (écart < 2 % ± 0,5 %), garantissant une cohérence globale (écart de performance < 5 % ± 1 %). Convient aux applications de coupe (durée de vie > 10 heures ± 1 heure) et de résistance à l'usure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(taux d'usure < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m).

Cette section commence par la coordination des spécifications des tests de performance et des normes internationales.

10.7.3.1 Spécifications des tests de performance (dureté, ténacité)

Français Principes de base et aperçu technique

Spécifications ASTM (E92, C1327) et JIS (G0562, R1607) pour les essais de dureté (HV 1600 - 2200±30), de ténacité (K_{1c} 1020 MPa·m$^{1/2}$±0,5) et d'usure (taux d'usure < 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). Essai de dureté par empreinte (diagonale < 50 μm±1 μm), essai de ténacité par extension de fissure (< 1 mm±0,01 mm).

L'équipement comprend un duromètre (charge 10 kg ± 0,1 kg), un ténacité à la rupture (charge 1 000 N ± 10 N) et un usure (charge 130 N ± 1 N). Les tests sont conformes aux normes ASTM E92 (dureté, précision ± 30 HV) et JIS G0562 (ténacité, précision ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$). Par exemple, dureté YG8 HV 1 800 ± 30, K_{1c} 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5.

Mécanisme et analyseLe

Français L'essai de dureté a été réalisé en utilisant un pénétrateur diamanté (angle 136°±0,5°) pour mesurer la résistance à la déformation (profondeur d'indentation <10 μm±0,1 μm), et l'essai de ténacité a été réalisé en utilisant une bande SENB (entaille <0,1 mm±0,01 mm) pour mesurer l'extension des fissures (K_{1c}~14 MPa·m$^{1/2}$±0,5). L'écart entre les résultats des normes ASTM E92 et JIS G0562 était <2%±0,5%. Le MEB a montré que l'indentation était régulière (écart <0,1%±0,01%) et les fissures étaient uniformes (<0,01 mm±0,001 mm). L'essai d'usure (ASTM G65) a montré que le taux d'usure du YG8 était de 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

Analyse des facteurs d'influence

Charge : 10 kg ± 0,1 kg (dureté), haute précision ; > 20 kg ± 0,1 kg, l'erreur augmente de 5 % ± 1 %.
Taille de l'échantillon : > 5 mm ± 0,1 mm, la ténacité est précise ; < 3 mm ± 0,1 mm, l'écart augmente de 10 % ± 2 %.
Taille des grains : 0,52 μm±0,01 μm , test stable ; >5 μm±0,01 μm , l'écart augmente de 5 %±1 %.
Traitement de surface : Ra<0,2 μm±0,01 μm , haute précision ; >0,5 μm±0,01 μm , augmentation d'erreur 5%±1%.
Environnement : Température 2025°C±1°C, écart <2%±0,5%.
Par exemple, l'écart de dureté du YG8 (charge 20 kg ± 0,1 kg) augmente jusqu'à ± 50 HV.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une précision de dureté de ± 30 HV et une précision de ténacité de ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$.
Les recommandations suivantes sont recommandées :
Optimisation du test : charge 10 kg ± 0,1 kg (dureté), 1000 N ± 10 N (ténacité).
Optimisation de l'échantillon : taille > 5 mm ± 0,1 mm, Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Contrôle des grains : 0,52 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).
Étalonnage : Échantillon standard (écart < 0,1 % ± 0,01 %), précision augmentée de 5 % ± 1 %.
Spécifications de test : ASTM E92 (dureté), JIS G0562 (ténacité).
Par exemple, YG8 (10 kg ± 0,1 kg) a une dureté de HV 1800 ± 30 et un K_{1c} de 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5.

10.7.3.2 Coordination des normes internationales

Français Principes de base et aperçu technique
Les normes ASTM, JIS et ISO sont coordonnées pour garantir que les écarts d'essai pour la dureté (HV 1600 - 2200±30), la ténacité (K_{1c} 10 - 20 MPa·m$^{1/2}$±0,5) et l'usure (< 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) sont < 2 % ± 0,5 %. Par exemple, la norme ASTM E92 est conforme à l'essai de dureté ISO 6507, et la norme JIS R1607 est conforme à l'essai de ténacité ISO 28079 avec un écart de < 1 % ± 0,2 %.

Les tests comprennent une comparaison inter-étalons (dureté, ténacité, usure) et une analyse de composition (EDS, précision ± 0,1 %). Par exemple, la dureté de l'YG8 selon les tests ASTM, JIS et ISO est de HV 1800 ± 30, avec un écart de < 1 % ± 0,2 %.

Mécanisme et analyseASTM
Les normes E92 (indentation < 50 μm±1 μm), ISO 6507 (charge 10 kg±0,1 kg) et JIS G0562 (angle 136°±0,5°) utilisent le même principe, et l'écart est dû à l'étalonnage de l'équipement (< 0,1 % ± 0,01 %). Les tests de ténacité (ASTM C1327, ISO 28079, JIS R1607) sont basés sur des échantillons SENB (entaille < 0,1 mm ± 0,01 mm), et les résultats sont cohérents. EDS confirme que la composition (WC, Co, TiC) présente un écart de < 0,1 % ± 0,02 %. Les tests d'usure (ASTM G65, JIS H8503) montrent que le taux d'usure du YG8 est de 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m et que l'écart type croisé est <2%±0,5%.

Analyse des facteurs d'influence
Calibrage de l'équipement : écart < 0,1 % ± 0,01 %, les résultats sont cohérents ; > 0,5 % ± 0,01 %, l'écart augmente de 5 % ± 1 %.
Conditions de test : Température 2025°C±1°C, écart <1%±0,2% ; >30°C±1°C, augmentation de l'écart 5%±1%.
Préparation des échantillons : Ra<0,2 μm±0,01 μm , haute précision ; >0,5 μm±0,01 μm , l'écart augmente de 5 %±1 %.
Différence standard : ASTM vs ISO, écart < 2 % ± 0,5 % ; non standard, l'écart augmente de 10 % ± 2 %.
Écart de composition : ±1 %, performances constantes ; >±2 %, l'écart augmente de 5 % ±1 %.
Par exemple, l'écart de dureté du YG8 (température 30°C ± 1°C) augmente jusqu'à ± 50 HV.

La stratégie d'optimisation
vise à obtenir un écart type transversal < 2 % ± 0,5 %. Il est recommandé de :
Optimisation de l'étalonnage : écart de l'équipement < 0,1 % ± 0,01 %, précision augmentée de 5 %

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

± 1 %.
Contrôle des conditions : température 2025°C±1°C, humidité <50%±5%.
Optimisation de l'échantillon : Ra<0,2 μm±0,01 μm , taille>5 mm±0,1 mm.
Unification des normes : ISO 6507, ASTM E92 et JIS G0562 sont préférées.
Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 28079 (ténacité).
Par exemple, YG8 (étalonnage < 0,1 % ± 0,01 %) a une dureté de HV 1800 ± 30 et un écart de < 1 % ± 0,2 %.

10.7.4 Sélection et optimisation des notes

Le choix des nuances est adapté aux conditions d'utilisation (vitesse de coupe 500 - 2000 m/min ± 10 m/min, charge d'impact < 1000 N ± 100 N) et aux propriétés (dureté HV 1600 - 2200 ± 30, ténacité K_{1c} 1020 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) pour garantir une durée de vie > 10 h ± 1 h ou > 10^6 ± 10^5 fois. Optimisez votre sélection avec des fiches techniques et des études de cas.

Cette section commence par la personnalisation en fonction des conditions de travail et des tableaux de données de performance.

10.7.4.1 Personnalisation en fonction des conditions de travail (vitesse de coupe, charge d'impact)

Principes de base et aperçu technique

La sélection des nuances prend en compte la vitesse de coupe (500 - 2000 m/min±10 m/min), la charge d'impact (<1000 N±100 N) et le matériau de la pièce (acier HV 200 - 400±10, fonte HV 150 - 250±10). P10/YT15 convient à l'usinage de l'acier à grande vitesse (>1000 m/min±10 m/min), K20/YG6 convient à la fonte à vitesse moyenne (800 - 1200 m/min±10 m/min) et YG8 convient à l'impact élevé (>500 N±50 N).

Les tests portent sur la performance de coupe (ISO 3685, précision ± 0,01 mm), la ténacité aux chocs (ISO 3327, précision ± 10 MPa) et l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm^3/ N·m). Par exemple, la durée de vie de l'acier YT15 est de 12 heures ± 1 heure, et la charge d'impact de l'acier YG8 est de 600 N ± 50 N.

Mécanisme et analyse

La coupe à grande vitesse (> 1000 m/min ± 10 m/min) nécessite une dureté élevée (HV > 1800 ± 30, YT15/P10), la vitesse moyenne (800 1200 m/min ± 10 m/min) nécessite des performances équilibrées (K20/YG6) et l'impact élevé (> 500 N ± 50 N) nécessite une ténacité élevée (K_{1C} > 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, YG8). Le revêtement (TiAlN , 2 μm ± 0,1 μm) augmente la durée de vie de 30 % ± 5 %. Le MEB montre que le YT15 s'use uniformément (profondeur < 0,01 mm ± 0,001 mm) et que le YG8 présente des caractéristiques de ténacité à la rupture évidentes (fossettes < 1 μm ± 0,1 μm). Les tests de coupe montrent que la durée de vie du YT15 est de 12 heures ± 1 heure, ce qui est meilleur que celle du YG6 (10 heures ± 1 heure).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Analyse des facteurs d'influence

Vitesse de coupe : > 1000 m/min ± 10 m/min, YT15 est excellent ; < 800 m/min ± 10 m/min, YG6 est applicable.

Charge d'impact : > 500 N ± 50 N, YG8 est excellent ; < 200 N ± 50 N, YT15 est applicable.

Dureté de la pièce : HV>400±10, P10 est excellent ; <250±10, K20 est applicable.

Revêtement : TiAlN , durée de vie augmentée de 30 % ± 5 % ; sans revêtement, durée de vie diminuée de 20 % ± 3 %.

Liquide de refroidissement : à base d'huile, taux d'usure réduit de 10 % ± 2 % ; à base d'eau, taux d'usure augmenté de 10 % ± 2 %.

Par exemple, la durée de vie du YG6 (vitesse 1500 m/min±10 m/min) est réduite à 8 heures±1 heure.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre une durée de vie de > 10 heures ± 1 heure et un taux d'usure de < 0,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/ N·m$. Recommandations :

Correspondance de marque : YT15/P10 (haute vitesse), YG6/K20 (vitesse moyenne), YG8 (impact élevé).

Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 30%±5%.

Optimisation du procédé : liquide de refroidissement à base d'huile, vitesse adaptée aux conditions de travail.

Optimisation des grains : 0,52 μm±0,01 μm , ajustée en fonction des conditions de travail.

Spécifications d'essai : ISO 3685 (coupe), ISO 3327 (impact).

Par exemple, la durée de vie du YT15 (TiAlN , 1000 m/min±10 m/min) est de 12 heures±1 heure.

10.7.4.2 Fiche de données de performance (dureté, résistance, ténacité)

Principes de base et aperçu techniquePerformances

Les tableaux de données résumant la dureté (HV 1600 - 2200±30), la résistance (>4000 MPa±50 MPa), la ténacité (K_{1c} 10 - 20 $MPa·m^{1/2}$±0,5) et le taux d'usure (<0,05 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) fournissent des indications pour le choix des nuances. Les données ont été obtenues à l'aide d'essais normalisés (ASTM E92, ISO 3327, ASTM G65) avec un écart de <2%±0,5%.

Les tests incluent la dureté (ASTM E92, précision ± 30 HV), la résistance (ISO 3327, précision ± 10 MPa), la ténacité (ISO 28079, précision ± 0,5 $MPa·m^{1/2}$) et l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 $mm^3/ N·m$). Par exemple, l'acier YG8 présente une dureté de HV 1800±30 et une résistance de 4200 MPa±50 MPa.

L'analyse du mécanisme

montre que la dureté (HV 1800±30) est déterminée par la teneur en WC (>90%±1%) et la granulométrie (0,52 μm±0,01 μm), la résistance (>4000 MPa±50 MPa) est liée au Co (6%12%±1%) et à la porosité (<0,1%±0,01%), et la ténacité (K_{1c} 14 $MPa·m^{1/2}$±0,5) est fournie par le réseau Co (fraction volumique>10%±1%). Le MEB montre que l'indentation de YG8 est régulière (<50 μm±1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

μm) et que les caractéristiques de ténacité à la rupture sont évidentes (fossettes <1 μm±0,1 μm). Le tableau de données montre que la dureté du YT15 HV 1700±30 est meilleure que celle du YG6 (HV 1500±30).

Tableau des performances du carbure cémenté
(Dureté HV ± 30, Résistance MPa ± 50, Ténacité MPa $m^{1/2}$ ± 0,5, Taux d'usure mm^3/N m ± 0,01)

Marque	Dureté (HV)	Résistance (MPa)	Ténacité (K_{1c})	Taux d'usure	application
YG6	1500	3800	14	0,05	Fonte, coupe à vitesse moyenne
YG8	1800	4200	16	0,04	Pièces résistantes aux chocs et à l'usure
YT15	1700	3500	12	0,03	Acier, coupe à grande vitesse
P10	1900	3600	12	0,03	Acier, coupe à grande vitesse
K20	1600	4000	15	0,05	Fonte, coupe à vitesse moyenne

Analyse des facteurs d'influence

Dureté : HV>1800±30, excellente résistance à l'usure ; <1600±30, le taux d'usure augmente de 15%±3%.

Résistance : > 4 000 MPa ± 50, excellente résistance aux chocs ; < 3 500 MPa ± 50, taux de fracture augmenté de 10 % ± 2 %.

Ténacité : K_{1c} > 14 MPa·$m^{1/2}$±0,5, excellente résistance aux fissures ; < 10 MPa·$m^{1/2}$±0,5, le taux de fissures augmente de 10 % ± 2 %.

Taille des grains : 0,52 μm±0,01 μm , performances équilibrées ; > 5 μm±0,01 μm , la résistance diminue de 10 %±2 %.

Revêtement : TiAlN , taux d'usure diminué de 20 % ± 3 % ; sans revêtement, taux d'usure augmenté de 15 % ± 3 %.

Par exemple, la résistance du YG6 (granulométrie 5 μm ± 0,01 μm) tombe à 3 500 MPa ± 50 MPa.

Stratégie d'optimisation

Pour atteindre une dureté HV 1600 - 2200 ± 30 et une ténacité K_{1c} 10 - 20 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, il est recommandé de :

Optimisation de la marque : YT15 (haute vitesse), YG8 (impact élevé), YG6 (vitesse moyenne).

Optimisation des grains : 0,52 μm±0,01 μm , VC ajouté (0,2 %±0,01 %).

Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm ± 0,1 μm), performances augmentées de 30 % ± 5 %.

Optimisation HIP : 1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa, porosité <0,1%±0,01%.

Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 3327 (résistance).

Par exemple, YG8 (TiAlN , 0,5 μm±0,01 μm) a une dureté de HV 1800±30 et un taux d'usure de 0,04 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.8 Tendance de développement de la classification

Français La tendance de développement de la classification du carbure cémenté se concentre sur la fonctionnalisation (résistance à l'usure < 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m , résistance à la corrosion < 0,005 mm/an±0,001 mm/an), la structure nano et à gradient (grain < 100 nm±10 nm, gradient de Co 0%15%±1%), la durabilité verte (sans Co, taux de recyclage > 95%±2%) et axée sur les données (précision de prédiction de l'intelligence artificielle > 90%±2%) pour répondre aux besoins de haute performance (dureté HV 2000 - 3000±30, ténacité K_{1c} 10 - 25 MPa·m$^{1/2}$±0,5) et de protection de l'environnement (émissions de carbone < 5 kg/kg±0,5 kg/kg).

Grâce à de nouveaux matériaux (nano WC, liants à base de Fe), de nouveaux procédés (fabrication additive, frittage plasma) et de nouvelles technologies (intelligence artificielle, bases de données), nous favoriserons l'affinement de la classification (écart <2%±0,5%) et l'expansion des applications (coupe, énergie, biomédecine).

Cette section analyse les tendances futures et les voies technologiques du point de vue de la fonctionnalisation et de la classification composite, de la classification des structures nano et à gradient, de la classification verte et durable et des méthodes de classification basées sur les données.

10.8.1 Fonctionnalisation et classification des composés

Le carbure cémenté fonctionnalisé et composite répond aux besoins de l'aérospatiale (durée de vie > 10^5 fois ± 10^4 fois), de l'énergie (rendement > 90% ± 2%) et du médical (biocompatibilité > 95% ± 2%) grâce à des caractéristiques multifonctionnelles (résistance à l'usure, résistance à la corrosion, conductivité) et bioniques intelligentes (adaptabilité > 80% ± 5%). Les matériaux composites (WCCoTiC , structure bionique) et les revêtements (TiAlN , DLC) en sont le cœur.

10.8.1.1 Alliages multifonctionnels résistants à l'usure, à la corrosion et conducteurs

Principes de base et aperçu technique

Le carbure cémenté multifonctionnel intègre la résistance à l'usure (taux d'usure < 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m), la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,005 mm/an±0,001 mm/an) et la conductivité électrique (> 10^6 S/m± 10^5 S/m) en ajoutant TiC (5 % 15 % ± 1 %), Cr_3C_2 (2 % 5 % ± 0,5 %) et une phase conductrice (telle que le graphite, 1 % 3 % ± 0,2 %). La taille des grains est de 0,51 μm ± 0,01 μm , le revêtement (TiAlN , 25 μm ± 0,1 μm) améliore les performances.

Français Les tests comprennent la résistance à l'usure (ASTM G65, précision ± 0,01 mm³/ N·m), la résistance à la corrosion (ASTM G31, précision ± 0,001 mm/an) et la conductivité électrique (méthode à quatre sondes, précision ± 10^4 S/m). Par exemple, le taux d'usure du WC6CoTiC (TiC 5 % ± 1 %) est de 0,02 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N· m et la conductivité électrique est de 1,2 × 10^6 S/m ± 10^5 S/m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Analyse du mécanisme et des performancesTiC

(5%15%±1%) améliore la dureté (HV 2000±30), Cr_3C_2 (2 % 5%±0,5%) forme une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur <0,1 μm±0,01 μm), réduisant le taux de corrosion (<0,005 mm/an±0,001 mm/an). Le graphite (1 %3%±0,2%) construit un réseau conducteur (résistivité $<10^{-6}\Omega \cdot m \pm 10^{-7}\Omega \cdot m$). La microscopie électronique à balayage (MEB) montre que les particules de TiC sont uniformes (taille 0,51 μm±0,01 μm), et la spectroscopie photoélectronique à rayons X (XPS) confirme Cr_2O_3 (Cr 2p~577 eV±0,1 eV).

Les tests de résistance à l'usure montrent que le WC6CoTiC est supérieur à l'YG6 (taux d'usure de 0,05 $mm^3/N \cdot m \pm 0,01$ $mm^3/ N \cdot m$). Les tests de conductivité montrent que la conductivité augmente de 50 % ± 5 % après l'ajout de graphite.

Analyse des facteurs d'influence

TiC : 5 % 15 % ± 1 %, dureté augmentée de 20 % ± 3 % ; > 20 % ± 1 %, ténacité diminuée de 10 % ± 2 %.

Cr_3C_2 : 2 % 5 %±0,5 %, résistance à la corrosion augmentée de 30 %±5 % ; >10 %±0,5 %, dureté réduite de 10 %±2 %.

Teneur en graphite : 1 % 3 % ± 0,2 %, conductivité augmentée de 50 % ± 5 % ; > 5 % ± 0,2 %, résistance diminuée de 15 % ± 3 %.

Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , excellentes performances ; >2 μm±0,01 μm , résistance à l'usure réduite de 10 %±2 %.

Épaisseur du revêtement : 25 μm±0,1 μm , excellentes performances globales ; >10 μm±0,1 μm , le taux de pelage augmente de 15 %±3 %.

Par exemple, le taux de corrosion du WC6Co (sans TiC) augmente jusqu'à 0,01 mm/an ± 0,001 mm/an.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre un taux d'usure inférieur à 0,03 $mm^3/N \cdot m \pm 0,01$ $mm^3/ N \cdot m$ et une résistance à la corrosion inférieure à 0,005 mm/an ± 0,001 mm/an. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation de la composition : TiC 5%10%±1%, Cr_3C_2 2 % 5 %±0,5%, graphite 1%3%±0,2%.

Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).

Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), performances globales améliorées de 30 %±5 %.

Optimisation du frittage : frittage plasma (SPS, 1400°C±10°C, 50 MPa±1 MPa), porosité <0,1%±0,01%.

Spécifications de test : ASTM G65 (résistance à l'abrasion), ASTM G31 (résistance à la corrosion).

Par exemple, le taux d'usure du WC6CoTiC (SPS, revêtement TiAlN) est de 0,02 $mm^3/N \cdot m \pm 0,01$ $mm^3/ N \cdot m$ et la conductivité est de $1,2 \times 10^{6}$ S/m±10^{5} S/m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.8.1.2 Bionique et carbure cémenté intelligent

Principes de base et aperçu technique

Le carbure cémenté bionique et intelligent atteint l'adaptabilité (déformation < 0,01 % ± 0,001 %) et l'auto-cicatrisation (taux de réparation des fissures > 50 % ± 5 %) en imitant des structures naturelles (telles que des couches de coquille, des fibres de bambou) ou des capteurs intégrés (temps de réponse < 1 ms ± 0,1 ms). Le matériau contient une matrice WCCo (Co 6 % 10 % ± 1 %) et une phase fonctionnelle (telle que NiTi , 2 % 5 % ± 0,5 %), et est préparé par fusion laser sélective (SLM, puissance 300400 W ± 10 W) ou des capteurs intégrés (taille < 0,1 mm ± 0,01 mm).

Les tests incluent l'adaptabilité (jauge de contrainte, précision ± 0,001 %), le taux de réparation (MEB, résolution < 0,1 μm ± 0,01 μm) et la durée de vie (ISO 3685, précision ± 0,01 mm). Par exemple, l'adaptabilité de l'alliage bionique WC6CoNiTi est de 85 % ± 5 % et sa durée de vie est de 12 heures ± 1 heure.

Analyse du mécanisme et des performances

La structure en couches de la coque (couche WC 0,10,5 mm ± 0,01 mm) améliore la ténacité (K_{1c} 15 MPa $m^{1/2}$ ± 0,5), le NiTi (2 % 5 % ± 0,5 %) offre une mémoire de forme (taux de récupération > 90 % ± 2 %), et le capteur (variation de résistance < 0,1 Ω ± 0,01 Ω) surveille la contrainte (< 100 MPa ± 10 MPa). Le MEB montre que la structure en couches est décalée (angle < 10° ± 1°), et la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) confirme la distribution du NiTi (écart < 0,1 % ± 0,02 %).

Les tests d'auto-réparation montrent que le taux de réparation des fissures de l'alliage NiTi est de 60 % ± 5 %, ce qui est supérieur à celui de l'YG6 (< 10 % ± 2 %). Les tests de durée de vie montrent que la durée de vie de l'alliage bionique est de 12 heures ± 1 heure, soit une augmentation de 20 % ± 3 %.

Analyse des facteurs d'influence

Épaisseur de couche : 0,10,5 mm±0,01 mm, ténacité augmentée de 20 %±3 % ; >1 mm±0,01 mm, résistance diminuée de 10 %±2 %.
NiTi : 2% 5% ± 0,5%, taux de réparation élevé ; > 10% ± 0,5%, dureté réduite de 15% ± 3%.
Taille du capteur : < 0,1 mm ± 0,01 mm, réponse rapide ; > 0,5 mm ± 0,01 mm, les interférences augmentent de 10 % ± 2 %.
Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , excellentes performances ; >2 μm±0,01 μm , ténacité réduite de 10 %±2 %.
Puissance SLM : 300400 W±10 W, densité > 99 %±0,1 % ; < 200 W±10 W, porosité augmentée de 10 %±2 %.
Par exemple, le taux de réparation du WC6Co (sans NiTi) est <10%±2%.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une adaptabilité > 80 % ± 5 % et une durée de vie > 10 heures ± 1 heure. Les recommandations suivantes sont recommandées :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation structurelle : épaisseur de couche 0,10,5 mm±0,01 mm, NiTi 2%5%±0,5%.
Optimisation SLM : puissance 300400 W ± 10 W, épaisseur de couche 5080 μm ± 1 μm .
Optimisation du capteur : taille < 0,1 mm±0,01 mm, temps de réponse < 1 ms±0,1 ms.
Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).
Spécifications de test : ISO 3685 (durée de vie), SEM (taux de réparation).

Par exemple, le WC6CoNiTi (SLM, épaisseur de couche 0,2 mm ± 0,01 mm) a une adaptabilité de 85 % ± 5 % et une durée de vie de 12 heures ± 1 heure.

10.8.2 Classification des nanostructures et des structures à gradient

Le carbure cémenté à structure nanométrique et à gradient améliore la dureté (HV 25003000±30), la ténacité (K_I c 1020 MPa·m$^{1/2}$±0,5) et la résistance à l'usure (taux d'usure < 0,02 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) grâce à une granulométrie < 100 nm±10 nm et un gradient de teneur en Co (0 % 15 % ± 1 %), adapté à l'usinage de précision (précision < 0,01 mm ± 0,001 mm) et aux pièces résistantes à l'usure (durée de vie > 10^4 heures ± 10^3 heures). La technologie comprend la nanopoudre (dépôt en phase vapeur) et le frittage à gradient (1450 °C ± 10 °C).
10.8.2.1 À base de nano-WC (taille de grain < 100 nm)

Principes de base et aperçu technique
L'alliage à base de nano WC (taille de grain 50100 nm±10 nm) présente une dureté élevée (HV 25003000±30) et un faible frottement (coefficient < 0,2±0,05) pour améliorer la résistance à l'usure (taux d'usure < 0,02 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). La teneur en Co est de 6 % 10 % ± 1 %, et la nanopoudre est préparée par dépôt chimique en phase vapeur (CVD, taux de dépôt 15 nm/s ± 0,1 nm/s) et formée par frittage plasma (SPS, 1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa).

Les tests incluent la dureté (ASTM E92, charge 5 kg ± 0,1 kg), la granulométrie (microscope électronique à transmission TEM, résolution < 0,1 nm ± 0,01 nm) et la résistance à l'usure (ASTM G99, précision ± 0,01 mm³/ N·m). Par exemple, la dureté du nano WC6Co est HV 2800 ± 30 et le taux d'usure est de 0,015 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Analyse des mécanismes et des performancesNano
-les grains (50100 nm±10 nm) augmentent la dureté (HV 2800±30) par l' effet HallPetch (dureté d $^{-1/2}$, d est la taille des grains), et les joints de grains fins (fraction volumique> 20%±2%) inhibent la propagation des fissures (K_I c 12 MPa·m$^{1/2}$±0,5). La microscopie électronique en transmission (MET) montre que les grains de WC sont uniformes (écart < 5%±1%) et que la phase Co est continue (épaisseur < 10 nm±1 nm). Les tests de résistance à l'usure montrent que le nano-WC6Co est supérieur au YG6 de taille micronique (taux d'usure 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). La diffraction des rayons X (DRX) confirme la phase WC (2θ35,6°±0,1°) et l'absence de phase d'impureté (< 0,1%±0,01%).

Analyse des facteurs d'influence

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Taille des grains : 50100 nm±10 nm, dureté augmentée de 30 %±5 % ; >200 nm±10 nm, dureté diminuée de 20 %±3 %.
Teneur en Co : 6%10%±1%, ténacité équilibrée ; <6%±1%, $K_{1}c$ diminue de 10%±2%.
Température de frittage : 1400°C±10°C, stabilité des grains ; >1500°C±10°C, croissance des grains 20%±3%.
Pureté de la poudre : > 99,9 % ± 0,1 %, excellentes performances ; < 99,5 % ± 0,1 %, augmentation des impuretés 10 % ± 2 %.
Revêtement : DLC (12 μm ± 0,1 μm), taux d'usure réduit de 20% ± 3%.
Par exemple, la dureté du nano WC6Co (taille des grains 200 nm ± 10 nm) tombe à HV 2200 ± 30.

La stratégie d'optimisation
vise à obtenir une dureté HV de 2 500 à 3 000 ± 30 et un taux d'usure inférieur à 0,02 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/ N·m$. Il est recommandé de :
Optimisation de la poudre : granulométrie 50100 nm±10 nm, pureté > 99,9 %±0,1 %.
Optimisation du frittage : SPS (1400°C±10°C, 50 MPa±1 MPa), porosité <0,1%±0,01%.
Co-optimisation : 6%10%±1%, VC ajouté (0,2%±0,01%).
Optimisation du revêtement : DLC (12 μm ± 0,1 μm), résistance à l'usure augmentée de 20% ± 3%.
Spécifications de test : ASTM E92 (dureté), TEM (taille des grains).

Par exemple, le nano WC6Co (SPS, revêtement DLC) a une dureté de HV 2800±30 et un taux d'usure de 0,015 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$.

10.8.2.2 Teneur en Co du gradient

Principe de base et aperçu technologique
L'alliage à teneur en Co à gradient (0% 5% ± 1% en surface, 10% 15% ± 1% au cœur) optimise les performances globales grâce à une dureté de surface élevée (HV 2200 ± 30) et une ténacité de cœur élevée ($K_{1}c$ 15 $MPa·m^{1}$/± 0,5), adapté aux outils de coupe (durée de vie > 12 heures ± 1 heure) et aux moules (durée de vie > 10^6 fois ± 10^5 fois) . Il est préparé par laminage de poudre (épaisseur de couche 0,11 mm ± 0,01 mm) et frittage à gradient (1450 °C ± 10 °C).

Les tests incluent le gradient de dureté (ASTM E92, précision ± 30 HV), la ténacité (ISO 28079, précision ± 0,5 $MPa·m^{1/2}$) et la durée de vie (ISO 3685, précision ± 0,01 mm). Par exemple, le gradient de dureté WCCo HV est de 2 200 ± 30 (surface), et la ténacité K_{1} c est de 15 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5 (âme).

Analyse du mécanisme et des performances :
Une couche de surface à faible teneur en Co (0 % 5 % ± 1 %) améliore la dureté (HV 2200 ± 30) et un noyau à haute teneur en Co (10 % 15 % ± 1 %) améliore la ténacité ($K_{1}c$ 15 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5). Une couche de transition à gradient (épaisseur 0,10,5 mm ± 0,01 mm) réduit la concentration de contrainte (coefficient de concentration de contrainte K_t < 1,3 ± 0,05). Le MEB montre que la teneur en Co change continuellement (écart < 0,1 % ± 0,02 %), et l'EDS confirme la distribution du

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

gradient (Co 2p ~ 779 eV ± 0,1 eV). Les tests de coupe montrent que la durée de vie du WCCo à gradient est de 12 heures ± 1 heure, ce qui est mieux que celle du YG6 uniforme (10 heures ± 1 heure).

Analyse des facteurs d'influence

Gradient de Co : 0%15%±1%, excellentes performances ; Co uniforme, dureté réduite de 10%±2%.

Épaisseur de la couche de transition : 0,10,5 mm±0,01 mm, K_t est faible ; >1 mm±0,01 mm, K_t augmente de 10 %±2 %.

Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , dureté élevée ; >2 μm±0,01 μm , ténacité augmentée de 10 %±2 %.

Température de frittage : 1450°C±10°C, le gradient est stable ; >1500°C±10°C, la diffusion du Co augmente de 10%±2%.

Revêtement : TiAlN (2 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 20%±3%.

Par exemple, la durée de vie moyenne du WC6Co tombe à 10 heures ± 1 heure .

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une dureté HV de 2200 ± 30 et une ténacité K_{1} c de 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. Il est recommandé de :

Optimisation du gradient : surface Co 0%5%±1%, noyau 10%15%±1%.

Optimisation du frittage : 1450°C±10°C, couche de transition 0,10,5 mm±0,01 mm.

Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).

Optimisation du revêtement : TiAlN (25 μm±0,1 μm), durée de vie augmentée de 20%±3%.

Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 3685 (durée de vie).

Par exemple, gradient WCCo (revêtement TiAlN) dureté HV 2200±30, durée de vie 12 heures±1 heure.

10.8.3 Catégories vertes et durables

Le carbure cémenté vert et durable réduit l'impact environnemental (émissions de carbone < 5 kg/kg ± 0,5 kg/kg) grâce à un liant sans cobalt (à base de fer, à base de céramique) et à un taux de récupération élevé (> 95 % ± 2 %), et répond aux exigences de résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m) et de résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an ± 0,001 mm/an). Les technologies comprennent les alliages à base de fer (Fe 5 % 10 % ± 1 %) et la récupération chimique (efficacité > 95 % ± 2 %).

10.8.3.1 Carbure cémenté sans cobalt (à base de fer, à base de céramique)

Principe de base et aperçu technologique

Le carbure cémenté sans Co utilise du Fe (5 % 10 % ± 1 %) ou une matrice céramique (TiC , Si_3N_4 , 10 % 20 % ± 1 %) pour remplacer le Co, avec une dureté HV de 1800 à 2200 ± 30, une ténacité K_{1}c de 812 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5 et une émission de carbone < 5 kg/kg ± 0,5 kg/kg. La préparation se fait par frittage plasma (SPS, 1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa) ou par pressage à chaud (1600 °C ±

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10 °C, 30 MPa ± 1 MPa).

Les tests portent sur la dureté (ASTM E92, précision ± 30 HV), la ténacité (ISO 28079, précision ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$) et l'impact environnemental (ISO 14040, précision ± 0,5 kg/kg). Par exemple, le WC8Fe présente une dureté HV de 2000 ± 30 et des émissions de carbone de 4,5 kg/kg ± 0,5 kg/kg.

Analyse du mécanisme et des performancesFe

La matrice (5 % 10 % ± 1 %) assure la ténacité (K_{1c} 10 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5), le TiC (10 % 20 % ± 1 %) améliore la dureté (HV 2000 ± 30). La matrice céramique (Si_3N_4) améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an ± 0,001 mm/an). Le MEB montre que la phase Fe est uniforme (taille < 1 μm ± 0,1 μm) et que les particules de TiC sont incorporées (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests de résistance à l'usure montrent que le WC8Fe est meilleur que le YG6 (taux d'usure 0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m). L'analyse environnementale confirme que les émissions de carbone à base de Fe sont réduites de 20 % ± 3 %.

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en Fe : 5%10%±1%, la ténacité est équilibrée ; >15%±1%, la dureté diminue de 10%±2%.
Teneur en céramique : 10 % 20 % ± 1 %, résistance à la corrosion augmentée de 20 % ± 3 % ; > 30 % ± 1 %, K_{1c} diminué de 10 % ± 2 %.
Température de frittage : 1400°C±10°C, excellentes performances ; >1500°C±10°C, croissance des grains 10%±2%.
Taille des grains : 0,51 μm±0,01 μm , dureté élevée ; >2 μm±0,01 μm , ténacité augmentée de 10 %±2 %.
Environnement : À base de Fe, les émissions de carbone ont diminué de 20 % ± 3 % ; À base de Co, les émissions ont augmenté de 30 % ± 5 %.
Par exemple, la dureté du WC15Fe tombe à HV 1800±30.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une dureté HV de 1800 à 2200 ± 30 et des émissions de carbone inférieures à 5 kg/kg ± 0,5 kg/kg. Recommandations :
Optimisation du liant : Fe 5%10%±1%, TiC 10%20%±1%.
Optimisation du frittage : SPS (1400°C±10°C, 50 MPa±1 MPa), porosité <0,1%±0,01%.
Contrôle des grains : 0,51 μm±0,01 μm , ajout de VC (0,2 %±0,01 %).
Optimisation du revêtement : TiAlN (2 μm±0,1 μm), résistance à l'usure améliorée de 20%±3%.
Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 14040 (environnement).
Par exemple, le WC8Fe (SPS, revêtement TiAlN) a une dureté de HV 2000±30 et une émission de carbone de 4,5 kg/kg±0,5 kg/kg.

10.8.3.2 Carbure cémenté recyclable (taux de recyclage > 95 %)

Principes de base et aperçu technologiqueRecyclable

Le carbure cémenté est recyclé chimiquement (méthode Zn, efficacité > 95 % ± 2 %) et broyé physiquement (particules < 50 μm ± 5 μm) pour réaliser la séparation WC et Co (pureté > 99 % ±

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

0,1 %), émissions de carbone < 3 kg/kg ± 0,5 kg/kg. Dureté HV 1600 - 2000 ± 30, ténacité K_{1c} 1015 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, écart de performance par rapport à l'alliage d'origine < 5 % ± 1 %.

Les tests portent sur le taux de récupération (analyse chimique, précision ± 0,1 %), la performance (ASTM E92, précision ± 30 HV) et l'impact environnemental (ISO 14040, précision ± 0,5 kg/kg). Par exemple, la récupération du WC6Co d'une dureté HV de 1800 ± 30 présente un taux de récupération de 96 % ± 2 %.

Analyse du mécanisme et des performances

La méthode Zn (600 - 800 °C ± 10 °C) dissout le Co (taux de récupération > 95 % ± 2 %) à travers le Zn liquide (point de fusion 419 °C ± 1 °C), et les particules de WC sont intactes (changement de taille < 1 % ± 0,1 %). Le broyage physique (énergie d'impact < 10 J ± 1 J) produit une poudre fine (< 50 μm ± 5 μm). Le MEB montre que les particules de WC récupérées ont des bords et des coins nets (écart < 0,1 % ± 0,02 %), et l'EDS confirme que le résidu de Co est < 0,1 % ± 0,01 %. Les tests de performance montrent que la dureté du WC6Co récupéré est HV 1800 ± 30, ce qui est cohérent avec l'alliage d'origine (HV 1800 ± 30).

Analyse des facteurs d'influence

Température de récupération : 600800°C±10°C, haute efficacité ; >1000°C±10°C, l'oxydation du WC augmente de 10%±2%.

Pureté du Zn : > 99,9 % ± 0,1 %, taux de récupération du Co élevé ; < 99,5 % ± 0,1 %, augmentation des impuretés de 5 % ± 1 %.

Taille des particules : < 50 μm±5 μm , les performances sont constantes ; > 100 μm±5 μm , la dureté diminue de 5 %±1 %.

Temps de recyclage : 13 fois, performances stables ; > 5 fois, la dureté diminue de 10 % ± 2 %.

Environnement : méthode Zn, émission de carbone < 3 kg/kg ± 0,5 kg/kg ; méthode de dissolution acide, émission augmentée de 20 % ± 3 %.

Par exemple, la dureté du WC6Co recyclé (température 1000°C±10°C) chute à HV 1700±30.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre un taux de récupération > 95 % ± 2 % et une dureté de HV 1600 - 2000 ± 30.

Recommandé :

Optimisation du recyclage : méthode Zn, 600 - 800°C ± 10°C, pureté Zn > 99,9% ± 0,1%.

Optimisation des poudres : particules <50 μm±5 μm , pureté>99%±0,1%.

Optimisation du frittage : SPS (1400°C±10°C, 50 MPa±1 MPa), porosité <0,1%±0,01%.

Vérification des performances : l'écart de dureté par rapport à l'alliage d'origine est < 5 % ± 1 %.

Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 14040 (environnement).

Par exemple, le WC6Co recyclé (méthode Zn, 600°C±10°C) a une dureté de HV 1800±30 et un taux de récupération de 96%±2%.

10.8.4 Méthodes de classification basées sur les données

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

La classification basée sur les données optimise les performances du carbure (dureté HV 1600 - 3000±30, ténacité K_{1c} 1025 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) et les normes de classification (écart <1%±0,2%) grâce à l'intelligence artificielle (précision de prédiction> 90%±2%) et à la base de données (volume de données> 10^5±10^4). Elle convient aux scénarios de coupe (durée de vie> 12h±1h), de résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) et de personnalisation (précision < 0,01 mm±0,001 mm).

10.8.4.1 Intelligence artificielle et prédiction des performances

Principes de base et aperçu technique

L'intelligence artificielle prédit les propriétés du carbure cémenté (dureté HV 1600 - 3000±30, taux d'usure <0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) grâce à l'apprentissage automatique (forêt aléatoire, réseau neuronal) et au big data (échantillons>10^4 ±10^3), avec une précision de prédiction de>90%±2%. Les paramètres d'entrée incluent la composition (WC, Co, TiC), la taille des grains (0,12 μm±0,01 μm) et le procédé (frittage 1450°C±10°C).

Les tests comprenaient la précision de prédiction (validation croisée, précision ± 2 %), la vérification des performances (ASTM E92, précision ± 30 HV) et la durée de vie (ISO 3685, précision ± 0,01 mm). Par exemple, l'IA a prédit une dureté YG8 HV de 1800 ± 30 avec un écart de < 2 % ± 0,5 %.

Analyse du mécanisme et des performances

La forêt aléatoire (nombre d'arbres 100 - 500±10) analyse la relation entre la composition et les performances (importance des caractéristiques > 0,1±0,01), et le réseau neuronal (nombre de couches 510±1) capture les effets non linéaires (ajustement R^2 > 0,95±0,02). Le modèle d'intelligence artificielle est entraîné sur la base d'un ensemble de données (> 10^4 ± 10^3) pour prédire la dureté (HV 1800±30) et la ténacité (K_{1c} 14 MPa·m$^{1/2}$±0,5). Le MEB vérifie la taille des grains (0,51 μm±0,01 μm) et l'EDS confirme la composition (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests de prédiction montrent que l'écart de dureté du YG8 est < 2 % ± 0,5 %, ce qui est meilleur que la formule empirique traditionnelle (écart 5 % ± 1 %).

Analyse des facteurs d'influence

Taille de l'ensemble de données : > 10^4 ±10^3, précision > 90 % ± 2 % ; < 10^3 ± 10^2, la précision diminue de 10 % ± 2 %.

Nombre de caractéristiques : > 10 ± 1, la prédiction est complète ; < 5 ± 1, l'écart augmente de 5 % ± 1 %.

Type d'algorithme : Réseau neuronal, excellent pour les relations complexes ; régression linéaire, augmentation de l'écart de 10 % ± 2 %.

Taille des grains : 0,12 μm±0,01 μm , la prédiction est précise ; > 5 μm±0,01 μm , l'erreur augmente de 5 %±1 %.

Échantillons de vérification : > 100 ± 10, écart < 2 % ± 0,5 % ; < 50 ± 5, écart augmenté de 5 % ± 1 %.

Par exemple, le biais de prédiction de dureté de YG8 (ensemble de données < 10^3 enregistrements)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

a augmenté à 5 % ± 1 %.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre une précision de prédiction supérieure à 90 % ± 2 %. Il est recommandé de :
Optimisation des données : ensembles de données > 10^4 ± 10^3 éléments, fonctionnalités > 10±1.
Optimisation de l'algorithme : réseau neuronal, numéro de couche 510±1, R^2>0,95±0,02.
Optimisation de la vérification : échantillons > 100±10, écart < 2%±0,5%.
Vérification des performances : SEM et EDS confirment la composition et la granulométrie.
Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 3685 (durée de vie).
Par exemple, la prédiction de dureté de YG8 (réseau neuronal, données 10^4) est HV 1800±30 avec un écart de <2%±0,5%.

10.8.4.2 Normalisation des bases de données et de la classification

Principes de base et aperçu technique

La base de données intègre les données sur le carbure cémenté (composition, propriétés, procédés, >10^5 ± 10^4) , prend en charge l'optimisation des performances (dureté HV 1600 - 3000 ± 30, ténacité K_{1c} 10 - 25 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) grâce à une classification standardisée (écart <1% ± 0,2%). Il utilise une base de données SQL (vitesse de requête <1 s ± 0,1 s) et la coordination des normes internationales (ISO, ASTM).

Les tests incluent la cohérence des données (écart < 1 % ± 0,2 %), la vérification des performances (ASTM E92, précision ± 30 HV) et l'efficacité de la classification (requête < 1 s ± 0,1 s). Par exemple, pour la base de données YG6, dureté HV 1500 ± 30, l'écart est < 1 % ± 0,2 %.

La base de données d'analyse des mécanismes et des performances

intègre la composition (WC, Co), les propriétés (dureté, ténacité) et les procédés (frittage, revêtement) via un stockage structuré (champs > 50 ± 5), permettant une interrogation rapide (< 1 s ± 0,1 s). La classification normalisée est basée sur la norme ISO 513 (P, M, K) et les nuances chinoises (YG, YT), avec un écart de < 1 % ± 0,2 %. Le MEB vérifie la granulométrie (0,52 µm ± 0,01 µm) et l'EDS confirme la composition (écart < 0,1 % ± 0,02 %). Les tests de performance montrent que la base de données prédit une dureté de YG6 de HV 1500 ± 30, ce qui est cohérent avec la mesure réelle.

Analyse des facteurs d'influence

Volume de données : >10^5 ±10^4 , classification précise ; <10^4 ±10^3, écart augmenté de 5 % ± 1 %.
Nombre de champs : > 50 ± 5, informations complètes ; < 20 ± 2, l'écart augmente de 5 % ± 1 %.
Degré de normalisation : coordination ISO/ASTM, écart <1%±0,2% ; pas de norme, l'écart augmente de 10%±2%.
Vitesse de requête : < 1 s ± 0,1 s, haute efficacité ; > 5 s ± 0,5 s, l'efficacité diminue de 20 % ± 3 %.
Mise à jour des données : >10^3±10^2 éléments par an, précision stable ; aucune mise à jour, l'écart augmente de 5 %±1 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Par exemple, le biais de classification de YG6 (<20 champs) a augmenté à 5 % ± 1 %.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir un écart de classification < 1 % ± 0,2 % et une vitesse d'interrogation < 1 s ± 0,1 s.
Les recommandations suivantes sont recommandées :
Optimisation de la base de données : données > $10^5 \pm 10^4$ entrées, champs > 50 ± 5.
Normalisation et optimisation : Conforme aux normes ISO 513, ASTM E92, écart <1%±0,2%.
Mise à jour et optimisation : >$10^3 \pm 10^2$ nouveaux éléments ajoutés chaque année.
Vérification et optimisation : SEM et EDS confirment la cohérence des données.
Spécifications d'essai : ASTM E92 (dureté), ISO 3685 (durée de vie).
Par exemple, la dureté du YG6 (données 10^5, norme ISO) est HV 1500±30, avec un écart de <1%±0,2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

Spécifications de simulation de nuance de carbure cémenté personnalisées du GROUPE CTIA : Viser la fabrication intelligente et la fabrication flexible grâce à l'IA

1. Introduction

Grâce à sa dureté élevée (HV1600–2000), son excellente résistance à l'usure et sa stabilité à haute température (600–1000 °C), le carbure cémenté est largement utilisé dans les outils de coupe, les moules, les outils miniers, les composants aérospatiaux et d'autres domaines. En 2023, le marché mondial du carbure cémenté atteindra 20 milliards de dollars américains et devrait atteindre 30 milliards de dollars américains en 2030 (soit une croissance annuelle moyenne de 6 %). La production chinoise représente 85 % du total mondial, et les exportations 40 %. Dans le contexte de la fabrication intelligente par intelligence artificielle (IA), la demande des clients est passée d'une production standardisée à une personnalisation poussée, nécessitant la génération automatique de nuances uniques pour chaque produit, voire pour un seul (par exemple, les outils en alliage de titane pour l'aviation doivent résister à une chaleur de 1 000 °C). L'obtention d'informations sur l'ensemble du cycle de vie grâce à des codes QR ou à l'identification par radiofréquence (RFID), incluant la composition, la durée de vie, le parcours de recyclage, l'empreinte carbone et les indicateurs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG). L'Internet industriel (5G/6G) permet la transmission de données en temps réel, et la production automatisée pilotée par l'IA permet une itération rapide, maintenant ainsi un leadership technologique sans protection par brevet.

China Tungsten Intelligence Alliance (CTIA GROUP, http://CTIA.GROUP) est un leader mondial de la fabrication intelligente de carbure cémenté par IA, ainsi que de la conception et de la fabrication sur mesure depuis de nombreuses années. L'entreprise intègre l'IA (réseau profond DQN, réseau antagoniste génératif GAN, Transformer, apprentissage multimodal), l'Internet industriel (5G/6G), le jumeau numérique (Unity3D+TensorFlow), la blockchain (Hyperledger+Polkadot) et la technologie de recyclage écologique (micro-boîte intelligente Hardbox) pour concevoir la « CTIA Personalized Grade Specification » (CTIA-PIN). Cette spécification génère automatiquement des nuances grâce à l'IA et favorise l'innovation ouverte. Ses objectifs sont les suivants :

Personnalisation
L'IA génère dynamiquement des numéros de marque uniques pour répondre aux besoins des clients avec une erreur inférieure à 0,5 %.

Transparence de l'information
Le code QR fournit les ingrédients, la durée de vie, le chemin de recyclage et les indicateurs ESG, augmentant la transparence de 40 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Connectivité intelligente

Transmission en temps réel 5G/6G, optimisation multi-objectifs de l'IA, durée de vie prolongée de 20 %, efficacité augmentée de 15 %.

Cycle vert

Le taux de recyclage dépasse 90 %, les émissions de carbone sont réduites de 50 % et soutiennent les Objectifs de développement durable des Nations Unies (ODD 12, 13).

Compétitivité mondiale

Il est prévu de couvrir 80 % des clients chinois d'ici 2030, de s'étendre à plus de 50 pays et d'atteindre une part de marché de 40 %.

CTIA GROUP fournit des services de support technique, de formation et de recyclage via http://CTIA.GROUP et s'engage à promouvoir la transformation de l'industrie du carbure cémenté vers l'intelligence et l'écologie.

2. Glossaire

carbure cémenté

Matériau composite hautes performances (ISO 513) composé principalement de carbure de tungstène (WC), auquel sont ajoutés des liants métalliques tels que le cobalt (Co) et le nickel (Ni), puis fritté par métallurgie des poudres. Sa dureté (HV 1600–2000) est largement supérieure à celle de l'acier rapide et il présente une excellente résistance à l'usure, ce qui le rend idéal pour la découpe, le moulage, l'exploitation minière et d'autres applications. Par exemple, les outils aéronautiques peuvent traiter des alliages de titane à une température élevée de 1000 °C avec une précision IT6. Le processus de fabrication comprend le broyage de la matière première (granulométrie de 0,2 à 3 μm), le mélange, le pressage, le frittage (1400–1500 °C) et le post-traitement (revêtement, polissage).

Carbure de tungstène (WC)

Le composant principal du carbure cémenté, d'une dureté HV2200 et d'un point de fusion de 2870 °C, offre une dureté et une résistance à l'usure élevées. Il est extrait du minerai de tungstène par dépôt en phase vapeur (CVD) ou hydrométallurgie. Sa pureté est généralement supérieure à 99,9 %. La granulométrie peut être affinée jusqu'à 0,2 μm pour améliorer la ténacité. Les fournisseurs doivent être certifiés ISO 20400 (approvisionnement responsable) pour garantir la traçabilité des matières premières.

Cobalt (Co)

Le liant pour carbure cémenté, représentant 4 à 15 %, améliore la ténacité du matériau (résistance à la rupture de 8 à 12 MPa·m²) et la résistance aux chocs. Produit par électrolyse ou recyclage, sa pureté dépasse 99,8 %. Les fournisseurs doivent se conformer à la norme ISO 14001 (protection de l'environnement).

Carbure de titane (TiC)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les additifs, représentant 0 à 15 %, améliorent la résistance à la chaleur (température supérieure à 800 °C) et à l'oxydation. Produit par carbonisation à haute température, granulométrie comprise entre 0,5 et 1 μm, pureté supérieure à 99,7 %, le produit est soumis à une certification qualité.

Fabrication intelligente basée sur l'IA

Les algorithmes d'IA (apprentissage profond, apprentissage par renforcement, Transformer, apprentissage multimodal) sont utilisés pour optimiser la conception des produits, la planification de la production, le contrôle qualité et la maintenance, et permettre une personnalisation et une production automatisée. Par exemple, l'IA prédit la durée de vie des outils (avec une erreur inférieure à 5 %) en analysant les images d'usure et les données de vibration, ajuste dynamiquement la vitesse de coupe et prolonge la durée de vie des outils de 20 %. La fabrication intelligente par IA, combinée à l'Internet industriel, favorise la prise de décision en temps réel et une production flexible.

Fabrication flexible

Le système de fabrication prend en charge la production de petites séries, voire de pièces uniques, et permet une commutation rapide (moins d'une minute) grâce à des équipements automatisés (four de frittage CNC, robot, usinage laser) et à la technologie des jumeaux numériques. Par exemple, la ligne de production du groupe CTIA peut produire des outils unitaires pour les clients du secteur aéronautique avec un délai de livraison de 7 jours pour répondre aux besoins personnalisés.

Internet industriel

Grâce à la 5G/6G, à l'Internet des objets (IoT) et à la blockchain, l'interconnexion des équipements, la transparence des données et l'optimisation en temps réel sont assurées. Des capteurs collectent les données de température et de vibration des outils, qui sont téléchargées vers le cloud via le réseau 6G (délai inférieur à 0,05 ms). Après analyse par l'IA, des instructions d'optimisation sont émises (par exemple, réduire la vitesse de 10 % et augmenter la durée de vie de 20 %). La blockchain garantit l'inviolabilité des données et augmente la transparence de 40 %.

MicroSmart Boîte rigide

La boîte de recyclage (10 × 5 × 3 cm) conçue par CTIA GROUP est fabriquée en acide polylactique (PLA) biodégradable (cycle de dégradation de 6 mois), équipée d'une identification par radiofréquence (RFID), d'un module 5G et de multiples capteurs (poids ± 0,1 g, température ± 0,5 °C, humidité ± 2 %). Elle prend en charge la classification automatique par IA (précision de 98 %), l'optimisation logistique (erreur de parcours inférieure à 5 %) et l'autodestruction des données (pour éviter les fuites). Hardbox reconnaît le type d'outil par son poids et son image et planifie automatiquement le parcours de recyclage.

Industrie 4.0

La quatrième révolution industrielle, axée sur l'IA, l'IoT, le big data et les jumeaux numériques, met l'accent sur l'intelligence, l'interconnexion et l'écologie. CTIA GROUP utilise la technologie de l'Industrie 4.0 pour assurer une production en flux singulier, une surveillance en temps réel et un recyclage écologique.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ESG

Les indicateurs environnementaux, sociaux et de gouvernance permettent de mesurer les capacités d'une entreprise en matière de développement durable. CTIA GROUP soutient l'ODD 12 (consommation et production responsables) et l'ODD 13 (action climatique) grâce à une production sobre en carbone (empreinte carbone inférieure à 8 kg CO_2/kg), un taux de recyclage élevé (plus de 90 %) et une gouvernance transparente (plus de 2 000 nœuds blockchain).

3. Champ d'application

CTIA-PIN convient aux outils en carbure (coupe, fraisage, perçage), aux moules (emboutissage, moulage par injection), aux outils miniers (forets, pics), aux pièces aérospatiales (aubes de turbine, carters), etc. Les clients cibles couvrent les industries de l'aviation, de l'automobile, de l'impression, de la médecine, de l'exploitation minière et de l'énergie, prennent en charge le flux de pièces uniques (plus d'une pièce) et la production de masse, et s'adaptent aux environnements extrêmes tels que les températures élevées de 1 000 °C, les basses températures de -40 °C, la corrosion marine, les radiations élevées et les environnements sous vide.

4. État actuel des nuances de carbure cémenté au pays et à l'étranger

4.1 Normes internationales

ISO 513:2012:

Classification : P (acier), M (acier inoxydable), K (fonte), N (métaux non ferreux), S (alliages haute température), H (acier trempé).

Exemples : P10 (WC:Co environ 94:6, acier de finition), K20 (WC:Co environ 90:10, fonte d'ébauche).

Caractéristiques : En fonction du matériau de traitement et de la classification de l'application, le revêtement (tel que le nitrure de titane TiN) est marqué d'un suffixe (tel que P10-CVD).

Limites : Formule standardisée, les informations sont limitées aux ingrédients et aux utilisations, et il est difficile de répondre aux besoins personnalisés.

Entreprises internationales : Une entreprise suédoise a lancé une nuance à grain ultra-fin (grain 0,5 µm, Co 10 %), utilisant la traçabilité blockchain, avec un taux de récupération de 85 % ; une entreprise américaine a lancé une nuance à haute résistance à l'usure (WC:Co environ 92:8, revêtement TiAlN), combinée au tri IA, réduisant les coûts de 20 %.

4.2 Normes chinoises

GB/T 18376-2014 :

Classification : YG (WC-Co), YT (WC -TiC -Co), YW (WC -TiC-TaC -Co).

Exemples : YG8 (WC 92 %, Co 8 %, acier d'ébauche), YT15 (WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, acier de finition).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Caractéristiques : Focus sur le rapport des composants, certaines nuances ont des grains raffinés (moins de 1 μm).
Limitations : Personnalisation insuffisante et manque de prise en charge complète des données du cycle de vie.
Statut de l'industrie : Les entreprises nationales fournissent des formules personnalisées, mais n'ont pas établi de normes intelligentes et mondialisées basées sur l'IA, et le taux de récupération est inférieur à 60 %.

4.3 Problèmes et exigences

Personnalisation : les clients doivent personnaliser les formules pour différents produits (comme la résistance aux hautes températures pour les couteaux d'aviation et la résistance aux chocs pour les outils miniers).
Transparence des informations : absence de durée de vie, de parcours de recyclage, d'empreinte carbone, d'indicateurs ESG, et la transparence est inférieure à 60 %.
Intelligence : Le taux d'accès à l'optimisation de l'IA et à l'Internet industriel est inférieur à 30 %, et le potentiel d'amélioration de l'efficacité est limité (20 à 30 %).
Recyclage vert : le taux de recyclage est inférieur à 60 %, et il manque un réseau mondial et un mécanisme de crédit carbone.
Développement durable : Le manque de données sur l'empreinte carbone rend difficile le soutien des objectifs de développement durable 12 et 13.

5. Comparaison entre CTIA-PIN et les normes industrielles

fonctionnalité	CTIA-PIN	ISO 513	Exemples d'affaires internationales
Personnalisation	Génération automatique d'IA, personnalisation d'une seule pièce, erreur inférieure à 0,5 %	Formule standardisée, aucune personnalisation	Personnalisation limitée, à négocier
Transparence de l'information	Le code QR fournit des informations sur l'ensemble du cycle de vie (ingrédients, durée de vie, recyclage, ESG), augmentant ainsi la transparence de 40 %.	Ingrédients et utilisations uniquement	La traçabilité de la blockchain améliore la transparence de 20 %
Connectivité intelligente	5G/6G, optimisation de l'IA, jumeaux numériques, ajustements en temps réel et durée de vie 20 % plus longue	Pas de fonction Internet	IoT limité, équipement spécial requis
Recycler	Micro Smart Hardbox , réseau mondial, taux de recyclage supérieur à 90 %, prend en charge les crédits carbone	Pas de soutien au recyclage	Taux de récupération 85%, régionalisation
Fabrication verte	Empreinte carbone inférieure à 8 kg CO_2/kg, certifié EPD, soutient l'ODD 12	Aucune donnée sur l'empreinte carbone	Objectif de neutralité carbone partielle
Applicabilité mondiale	Couvrant plus de 50 pays, avec une part de marché de 40 % en 2030	Des normes mondiales, mais aucune personnalisation	Principalement en Europe et en Amérique, limité en Asie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Innovation : CTIA-PIN utilise l'IA pour générer automatiquement des noms de marque, un recyclage mondial et une gestion complète du cycle de vie, surpassant la norme ISO 513 et les entreprises internationales, mettant l'accent sur l'innovation ouverte, sans avoir besoin de protection par brevet, et s'adaptant aux besoins d'itération rapide de la fabrication intelligente de l'IA.

6. Spécification du numéro de marque personnalisé CTIA (CTIA-PIN)

CTIA-PIN intègre les normes ISO 513, GB/T 18376 et une expérience internationale. Il combine l'IA (DQN, GAN, Transformateur, apprentissage multimodal), l'Internet industriel (5G/6G), le jumeau numérique (Unity3D, TensorFlow), la blockchain (Hyperledger, Polkadot) et la micro-boîte intelligente pour concevoir un système de marque dynamique et personnalisé, prendre en charge la production en flux unitaires (plus d'une pièce, temps de commutation inférieur à 1 minute) et gérer l'ensemble du cycle de vie. Dans le cadre de la fabrication intelligente par IA, la marque est générée automatiquement sans protection par brevet, ce qui favorise l'innovation ouverte et la réactivité du marché.

6.1 Structure des notes

Le numéro de marque est composé de 28 caractères + chiffres + valeur de hachage, format :
CTIA -[ID client] -[ID produit] -[ID formule] -[ID intelligent]-[Version]-[Environnement]
CTIA : Logo de marque de CTIA GROUP LTD (CTIA GROUP).
ID client (4 chiffres) : code client unique (tel que C001 pour une compagnie aérienne).
ID produit (4 chiffres) : Code produit (tel que P001 pour les outils d'aviation).
ID de recette (16 chiffres) :
Composition (6 chiffres) : telle que M12345 (WC:Co : TiC:Ni :TaC = 90:8:2:0:0), y compris la régulation des oligo-éléments (tels que Cr, V, 0–1 %).
Procédé (10 chiffres) : tel que T6789012345 (grain 0,5 µm, revêtement TiAlN 3 µm, frittage 1400°C, traitement thermique 900°C, polissage Ra inférieur à 0,1 µm, implantation ionique N+, ingénierie des limites de grains pour optimiser la ténacité).
Smart ID (4 bits) : valeur de hachage SHA-256 (telle que H7X9), liée à l'Internet industriel.
Version (2 chiffres) : Identifiant de l'itération (tel que V1 pour la première version, V2 pour la version optimisée).
Environnement (2 chiffres) : Environnement adaptable, tel que E1 (haute température 1000°C), E2 (basse température -40°C), E3 (corrosion marine), E4 (rayonnement élevé), E5 (environnement sous vide, résistance au pelage du revêtement).
Exemple : CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1
Signification : L'outil (P001) produit par CTIA GROUP pour une compagnie aéronautique (C001) a une composition de WC:Co:TiC =90:8:2 (le fournisseur est certifié ISO 20400), une granulométrie de 0,5 µm, un revêtement TiAlN de 3 µm, un frittage à 1400°C, un traitement thermique à 900°C, un polissage Ra inférieur à 0,1 µm, une implantation ionique N+, une ingénierie des joints de grains (M12345T6789012345), une identification intelligente H7X9, première édition (V1), un environnement haute température 1000°C (E1).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6.2 Codage et acquisition de l'information

Le numéro de marque est intégré dans un QR code (capacité supérieure à 3 Ko) ou un RFID (conforme à la norme ISO 18000-6C). Après la numérisation, accédez à la plateforme Internet industrielle du CTIA GROUP (par exemple , http://CTIA.GROUP/cloud) pour obtenir les informations suivantes :

6.2.1 Ingrédients

Base:
WC : 80–95 %, dureté HV2200, produit par dépôt en phase vapeur ou hydrométallurgie, pureté supérieure à 99,9 %, le fournisseur est certifié ISO 20400.
Co : 4–15 %, procédé électrolytique ou de récupération, pureté supérieure à 99,8 %, fournisseur conforme aux normes ISO 14001.
Ni : 0–5 %, produit par électrolyse, pureté supérieure à 99,7 %, le fournisseur est certifié ISO 20400.
TiC : 0–15 %, procédé de carbonisation à haute température, granulométrie 0,5–1 μm, pureté supérieure à 99,7 %.
TaC : 0–5 %, dépôt chimique en phase vapeur, pureté supérieure à 99,8 %.

Oligo-éléments :
Cr3C2 : 0–1 %, résistant à la corrosion, pureté supérieure à 99,5 %.
VC : 0–0,5 %, grains raffinés, pureté supérieure à 99,6 %.
Grain : ultrafin (0,2–0,8 μm), grain fin (0,8–1,5 μm), grain moyen grossier (1,5–3 μm).
Revêtement : nitrure de titane (TiN), nitrure de titane et d'aluminium (TiAlN), nitrure d'aluminium et de chrome (AlCrN), carbone de type diamant (DLC), épaisseur 1–5 μm, précision du revêtement ± 0,1 μm.
Exemple : WC 90 %, Co 8 %, TiC 2 %, granulométrie 0,5 μm, revêtement TiAlN 3 μm.

6.2.2 Fonctionnalités

Propriétés : dureté HV1600–2000, résistance à la flexion 2–4 GPa , ténacité à la rupture 8–12 MPa·m^1/2.
Scénarios : finition (vitesse de coupe 200 m/min, rugosité de surface Ra inférieure à 0,4 μm), ébauche (vitesse d'avance 0,5 mm/tr), alliage haute température (résistance à la chaleur 1000°C).
Personnalisation : haute résistance à la chaleur (aviation), haute ténacité (moule), résistance à la corrosion (marine), résistance aux radiations (industrie nucléaire), résistance à l'usure sous vide (aérospatiale).
Exemple : Outil aéronautique, résistant à la chaleur jusqu'à 1000°C, précision d'usinage IT6.

6.2.3 Précautions d'emploi

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Installation : Force de serrage 500–1000 N, écart inférieur à 0,1 mm.
Fluide de coupe : usinage à sec (revêtement DLC) ou émulsion à 8–10 % (revêtement TiAlN).
Eviter : Vitesses supérieures à 5000 tr/min, coupes interrompues (formules à faible ténacité).
Exemple : outil TiAlN , 8 % de liquide de coupe, 3 000 à 4 000 tr/min.

6.2.4 Durée de vie

Prédiction : 500 000 à 1 000 000 de fois (couteau à lame droite), prédiction du jumeau numérique IA, erreur inférieure à 5 %.
Impact : Dureté de la pièce HRC inférieure à 60 (durée de vie augmentée de 30 %), vitesse de coupe réduite de 10 % (durée de vie augmentée de 20 %).
Exemple : Outil d'aviation, durée de vie 800 000 fois, traitement de l'acier HRC45, vitesse 150 m/min.

6.2.5 Paramètres d'utilisation

Vitesse de coupe : 50–250 m/min (acier), 100–400 m/min (aluminium).
Vitesse d'avance : 0,02–0,5 mm/tr (0,02–0,1 pour la finition, 0,2–0,5 pour l'ébauche).
Profondeur de coupe : 0,1–5 mm (moins de 1 mm pour la finition).
Exemple : Alliage de titane, vitesse 80 m/min, avance 0,05 mm/tr, profondeur 0,5 mm.

6.2.6 Exigences environnementales

Température : environnement de fonctionnement 10–40°C, température de traitement inférieure à 1000°C (E1), -40– 60°C (E2).
Humidité : L'humidité de stockage est inférieure à 60 %, l'humidité de traitement est inférieure à 80 % (E3, corrosion marine).
Rayonnement : E4 (rayonnement élevé, tolérance supérieure à 100 Gy).
Vide : E5 (environnement sous vide, résistant au décollement du revêtement).
Propre : Poussière inférieure à 0,01 mg/m³ .
Exemple : Stockage à 25°C, humidité 50%, traitement avec une bonne ventilation.

6.2.7 Informations de maintenance

Réaffûtage : usure inférieure à 0,1 mm, peut être réaffûté 3 à 5 fois, utiliser une meule diamantée (D15), erreur d'angle de bord inférieure à 0,5°.
Réparation du revêtement : Revêtement par dépôt physique en phase vapeur (PVD) 2–4 μm, performances restaurées à 90 %.
Traitement de surface : implantation ionique (N+, dureté augmentée de 10%), polissage (Ra inférieur à 0,1μm), ingénierie des joints de grains (ténacité augmentée de 15%).
Service : Centres de réaffûtage CTIA GROUP (Shanghai, Chengdu, Guangzhou, Düsseldorf, New York), temps de cycle 3-5 jours.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Exemple : Un couteau à lame droite est réaffûté 4 fois, ce qui réduit le coût de 40 %.

6.2.8 Chemin de recyclage

Micro smart Hardbox : taille 10×5×3cm, matériau biodégradable en acide polylactique (PLA) (cycle de dégradation 6 mois), identification par radiofréquence intégrée, module 5G, capteurs multiples (poids ±0,1g, température ±0,5°C, humidité ±2%, vibration ±0,01 mm/s), prend en charge la classification automatique de l'IA (précision 98%), la stratégie de recyclage adaptative (optimisation du chemin, réduction des coûts 20%), l'autodestruction des données (pour éviter les fuites).
Chemin de recyclage : utilisateur → logistique (couvrant 90 % des villes de niveau préfectoral, plus de 50 pays) → centre de recyclage CTIA GROUP (Shanghai, Chengdu, Düsseldorf, New York) → usine de recyclage professionnelle.
Réseau mondial : il devrait couvrir plus de 50 pays d'ici 2030, avec un temps de réponse inférieur à 24 heures.
Optimisation de l'IA : prédire le temps de recyclage (erreur inférieure à 12 heures), optimiser les itinéraires logistiques (réduire les émissions de carbone de 15%).
Suivi de la blockchain : Hyperledger+Polkadot enregistre le chemin de recyclage de chaque outil, avec plus de 2 000 nœuds et une augmentation de 40 % de la transparence.
Crédits carbone : Recycler 1 kg de couteaux vous rapportera 0,5 kg de crédits CO_2, soutenant ainsi le commerce du carbone.
Exemple : Un couteau est placé dans une Hardbox , récupéré dans les 12 heures et recyclé en 7 jours, rapportant 0,5 kg de crédit CO_2.

6.2.9 Valeur de récupération

Estimation : Le prix du marché du tungstène est de xxxx yuans/kg et la valeur de recyclage est de xxxx yuans/kg (pureté supérieure à 95 %).
Incitation : Espèces ou crédits carbone (ratio d'échange 1:2), taux de participation augmenté de 50 %.
Exemple : 1 kg d'outils de coupe, valeur de recyclage xxxx yuans, les points carbone peuvent être échangés contre xxxx dollars américains de nouveaux outils de coupe.

6.2.10 Personnes responsables à chaque étape

Fabricant : CTIA GROUP LTD Co., Ltd. (CTIA GROUP, siège social de Shanghai, http://CTIA.GROUP).
Logistique : Partenaires logistiques mondiaux, le délai de livraison est inférieur à 24 heures.
Recyclage : centres de recyclage CTIA GROUP (Shanghai, Chengdu, Düsseldorf).
Gestion des données : plateforme cloud CTIA GROUP (plus de 1 000 nœuds).
xx , responsable de production (CTIA GROUP), Li xx , responsable du recyclage (centre de recyclage CTIA GROUP).

6.2.11 Certification de qualité

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Normes : ISO 9001 (management de la qualité), ISO 14001 (management environnemental), ISO 14040 (analyse du cycle de vie), ISO 14064 (comptabilité carbone).
Certification EPD : Déclaration Environnementale de Produit, quantifie l'empreinte carbone et la consommation énergétique.
Empreinte carbone : La production d'1 kg d'outils de coupe produit moins de 8 kg de CO_2 d' émissions de carbone, et le recyclage réduit ce chiffre de 50 %.
Exemple : Outil certifié ISO 14001 et EPD avec une empreinte carbone de 7,5 kg CO_2/kg.

6.2.12 Authentification de sécurité

Sécurité des données : cryptage AES-256, signature RSA-4096, conforme au RGPD, loi sur la sécurité des données, ISO 27001.
Sécurité matérielle : Hardbox anti-altération (IP68, résistance aux chutes de 1,5 m, résistance à la température de -40 à 80°C), mécanisme d'autodestruction des données.
Architecture Zero Trust : authentification multifacteur, taux de fuite de données inférieur à 0,01 %.
Apprentissage fédéré par l'IA : protégez la confidentialité des données des clients, menez des formations collaboratives interentreprises et améliorez l'efficacité de 30 %.
Exemple : la plateforme Cloud est certifiée ISO 27001, Hardbox est testée IP68.

6.2.13 Données de consommation d'énergie

Production : 1 kg d'outil consomme moins de 50 kWh d'électricité et émet moins de 8 kg de CO_2 .
Recyclage : La consommation électrique est inférieure à 10 kWh et les émissions de carbone sont inférieures à 2 kg CO_2 .
Exemple : la production consomme 45 kWh et le recyclage consomme 8 kWh.

6.2.14 Surveillance de la chaîne d'approvisionnement en temps réel

Système : Blockchain (Hyperledger+Polkadot) suit les matières premières, la production et la logistique en temps réel.
Fournisseurs : Les fournisseurs de matières premières (WC, Co, TiC) sont certifiés ISO 20400, avec une pureté supérieure à 99,7% et traçables jusqu'à la source de la mine.
Inventaire dynamique : l'IA prédit la demande (erreur inférieure à 5 %), réduisant ainsi les coûts d'inventaire de 25 %.
Exemple : l'inventaire des toilettes est de 1 000 kg, l'IA prédit la consommation sur 7 jours et le réapprovisionne automatiquement.

6.2.15 Coût du cycle de vie (CCV)

Production : 50–100 $/kg (matériaux, consommation d'énergie, optimisation de l'IA).
Utilisation : 0,01-0,05 USD/coupe (durée de vie 800 000 fois).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Recyclage : Avantages de 15 à 25 $/kg, soit une réduction de 30 % des coûts totaux.
Exemple : 1 kg d'outil de coupe coûte 80 $ à produire, 0,02 $ par utilisation et 20 $ à recycler, ce qui réduit les coûts totaux de 35 %.

6.2.16 Analyse de l'efficacité énergétique du cycle de vie

Certification EPD : la consommation d'énergie de production est inférieure à 50 kWh/kg et la consommation d'énergie de recyclage est inférieure à 10 kWh/kg.
Répartition de l'empreinte carbone :
Production : 6 kg CO_2/kg (4 kg de matière première, 2 kg de frittage).
Transport : 0,5 kg CO_2 / kg (logistique globale).
Utilisation : 1 kg CO_2/kg (réduction de la consommation énergétique).
Récupération : 0,5 kg CO_2/kg (tri XRF, logistique).
Rapport d'efficacité énergétique : la consommation d'énergie recyclée ne représente que 20 % de la production, ce qui contribue à l'ODD 12.
Exemple : L'empreinte carbone totale d'un outil de coupe est de 7,5 kg CO_2 / kg (6 pour la production, 0,5 pour le transport, 1 pour l'utilisation et 0,5 pour le recyclage).

6.2.17 Suggestions de maintenance dynamique de l'IA

Fonction : En fonction de l'usure en temps réel (images, vibrations, température, données mécaniques), l'IA génère des recommandations de maintenance (telles que la réduction de la vitesse de 10 % et la prolongation de la durée de vie de 20 %).
Données : Fusion d'apprentissage multimodal d'images de surface d'outil (résolution 0,01 mm), de vibrations (0,01 mm/s) et de température (± 0,5 °C).
Sortie : ajustez la vitesse de coupe, la vitesse d'avance, le rapport de liquide de refroidissement et transmettez-le aux machines-outils CNC.
Exemple : L'usure est de 0,06 mm. AI recommande de réduire la vitesse à 120 m/min, ce qui augmente la durée de vie de 20 %.

6.2.18 Suivi logistique du recyclage

Système : Blockchain (Hyperledger+Polkadot) enregistre l'intégralité de la chaîne logistique (utilisateur → centre de recyclage → usine de recyclage).
Fonction : Affichage en temps réel de l'emplacement de Hardbox et des données environnementales (température, humidité), avec une amélioration de la transparence de 40 %.
Optimisation de l'IA : ajustez dynamiquement les itinéraires logistiques pour réduire les émissions de carbone de 15 %.
Exemple : Il faut 7 jours pour qu'une Hardbox soit transportée d'un utilisateur à Shanghai vers un centre de recyclage, avec des émissions de carbone de 0,5 kg CO_2 / kg.

6.2.19 Formation des utilisateurs

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Format : Cours en ligne (http://CTIA.GROUP/academy), instruction en réalité augmentée (AR) (HoloLens 2), formation sur site.
Contenu : Installation de l'outil, optimisation des paramètres, utilisation de Hardbox , processus de recyclage, interaction avec l'IA.
Cycle : 2 heures à chaque fois, taux de couverture supérieur à 95 %.
Exemple : les clients du secteur de l'aviation ont suivi une formation AR et l'erreur d'installation était inférieure à 0,05 mm.

6.2.20 Responsabilité sociale (ESG)

Environnement : Empreinte carbone inférieure à 8 kg CO_2/kg, taux de recyclage supérieur à 90%, soutenant l'ODD 12.
Société : Créer 200 000 emplois (recyclage, données, formation), taux de couverture de la formation supérieur à 95 %, et égalité des sexes (ratio employés 1:1).
Gouvernance : amélioration de 40 % de la transparence et de la conformité anti-corruption (ISO 37001).
Exemple : Réduire les émissions de carbone de 20 % d'ici 2025 et former 100 000 utilisateurs.

6.2.21 Processus de personnalisation du client

étape:
Soumission des exigences : les clients saisissent les exigences en matière de matériaux, de précision, de durée de vie et d'environnement via http://CTIA.GROUP/custom.
Optimisation de l'IA : l'apprentissage multimodal fusionne les images et les données des capteurs pour générer des recettes avec une erreur inférieure à 0,5 %.
Génération de numéros de marque : générez automatiquement des numéros de marque (tels que CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1).
Production : Fabrication flexible, flux monobloc, temps de cycle 7 jours.
Livraison : Logistique mondiale, le délai est inférieur à 24 heures.
Feedback : Notation en temps réel (http://CTIA.GROUP/feedback), analyse des sentiments par IA (précision 90 %).
Exemple : Un client du secteur de l'aviation soumet une demande d'outils de coupe en alliage de titane, qui sont livrés en 7 jours et notés 4,8 étoiles.

6.2.22 Mécanisme de rétroaction client

Système : http://CTIA.GROUP/feedback, prend en charge l'évaluation en temps réel (1 à 5 étoiles), l'analyse des sentiments par l'IA (précision de 90 %).
Réponse : Le temps de résolution des problèmes est inférieur à 24 heures et la satisfaction augmente de 50 %.
Exemple : Évaluation client Aviation 4,8 étoiles, commentaire « La durée de vie dépasse les attentes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

».

6.2.23 Accès Internet industriel

Point d'entrée : http://CTIA.GROUP/cloud (lancement prévu en 2030).
Mot de passe : généré dynamiquement (tel que CTIA-C001-20250505-XYZ).
Chemin : Capteurs IoT → edge computing (MEC, temps de réponse inférieur à 10 ms) → 5G/6G (bande passante supérieure à 100 Gbps, latence inférieure à 0,05 ms, densité de connexion 10^7 /km²) → plateforme cloud → blockchain.
Protocole : protocole MQTT, cryptage AES-256, débit supérieur à 10^6 transactions/s.
Exemple : scannez le code QR, saisissez le mot de passe et affichez les données d'usure de l'outil en temps réel.

6.2.24 Chemin de transmission des informations en temps réel

Capteur : collecte les données de température, de vibration et d'usure avec une fréquence d'échantillonnage de 10 Hz et un temps de réponse informatique de pointe inférieur à 10 ms.
Réseau : 5G (couvrant 95% des villes, latence 1ms) ou 6G (couvrant 80% des zones industrielles d'ici 2030, latence 0,05ms, densité de connexion 10^7/km² , communication THz ultra-haute fréquence, fiabilité 99,9999%).
Plateforme Cloud : capacité de stockage supérieure à 1 Po, vitesse de traitement supérieure à 10^6 enregistrements/s.
Blockchain : Hyperledger+Polkadot , avec plus de 2 000 nœuds, stockage décentralisé, évolutif jusqu'à 10^4 nœuds et une transparence accrue de 40 %.
Exemple : Température de l'outil 1000°C, vibration 0,1 mm/s, données téléchargées toutes les secondes.

6.2.25 Utiliser le code de commande de réglage

Format : Python, protocole MQTT, réception d'instructions d'optimisation multi-objectifs de l'IA (durée de vie, efficacité, coût).
Fonction : Réglez la vitesse de coupe, la vitesse d'avance et le rapport de liquide de refroidissement.
Exemple de code :

```
importer paho.mqtt .client en tant que mqtt
importer json

courtier = "CTIA.GROUP"
port = 1883
sujet = "CTIA/C001/P001/M12345T6789012345/control"

def on_message ( client, données utilisateur , msg) :
données = json.loads ( msg.payload . decode ( ))
```

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

vitesse = données["vitesse"] # m/min
flux = données["flux"] # mm/tour
liquide de refroidissement = données["liquide de refroidissement"] # %
print(f"Réglage : vitesse de coupe = {vitesse} m/min, avance = {avance} mm/tr, liquide de refroidissement = {liquide de refroidissement}%")
ajuster_la_machine (vitesse, avance, liquide de refroidissement)

client = mqtt.Client ()
client.on _message = on_message
client.connect (courtier, port, 60)
client.subscribe (sujet)
client.loop _ pour toujours ( )
Fonctionnement : l'IA détecte l'usure de 0,05 mm, réduit la vitesse de commande à 120 m/min, prolonge la durée de vie de 20 % et améliore l'efficacité de 15 %.
Sécurité : cryptage RSA-4096, authentification zéro confiance.

6.3 Génération et gestion de la marque

Optimisation de l'IA :
Entrée : exigences client (matériau, précision, durée de vie, environnement), paramètres du produit (taille, type de traitement), données en temps réel (images d'usure, vibrations, température, mécanique).
Algorithme : Deep Q-network (DQN) + Generative Adversarial Network (GAN) + Transformer + Multimodal Learning, avec plus de 10^6 jeux de données d'entraînement (performances de l'outil, données de coupe, adaptation environnementale), images de fusion (surface de l'outil, résolution 0,01 mm), vibration (0,01 mm/s), température (±0,5°C), mécanique (force de coupe ±0,1 N), composition optimisée (WC:Co:TiC+trace Cr, V), grains, revêtements, température de frittage, traitement thermique, traitement de surface, ingénierie des limites de grains, avec une erreur inférieure à 0,5 %.
Optimisation multi-objectifs : durée de vie (supérieure à 800 000 fois), efficacité (vitesse supérieure à 200 m/min), coût (moins de 100 $/kg), empreinte carbone (moins de 8 kg CO_2/kg).
Apprentissage fédéré : protégez la confidentialité des données des clients, menez des formations collaboratives interentreprises et améliorez l'efficacité de 30 %.
Sortie : ID de formule (tel que M12345T6789012345), nom de marque généré automatiquement, aucune protection par brevet requise.
Fabrication flexible :
Équipement : ligne de production intelligente CTIA GROUP (four de frittage CNC, machine de revêtement par dépôt physique en phase vapeur, graveur laser, implanteur d'ions, polisseuse), prenant en charge le flux monobloc (supérieur à 1 pièce, temps de commutation inférieur à 1 minute).
Planification : Basé sur le système d'exécution de fabrication de jumeaux numériques, le temps d'attribution des tâches est inférieur à 1 minute et le cycle de production est raccourci de 30 %.
Conception modulaire : les composants de l'outil sont conformes aux normes ISO 1832, réduisant

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

ainsi les coûts d'inventaire de 25 %.

Gestion des données :

Blockchain : Hyperledger+Polkadot , enregistre l'intégralité du processus de génération, de fabrication et de recyclage de la marque, avec plus de 2 000 nœuds, évolutif jusqu'à 10^4 et une transparence augmentée de 40 %.

Plateforme Cloud : capacité de stockage supérieure à 10^8 marques, temps de requête inférieur à 0,1 seconde.

Exemple : Demande d'outils aéronautiques (alliage de titane, durée de vie supérieure à 800 000 fois, résistance à la chaleur 1000°C), génération de grade CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1, cycle de production 7 jours.

6.4 Applications des jumeaux numériques

Modèle : Jumeau numérique d'outil (Unity3D+TensorFlow), simulation en temps réel de l'usure, de la température, de la force de coupe et de l'adaptabilité environnementale.

Fonction:

Prédictions : durée de vie (moins de 5 % d'erreur), usure (précision ± 0,01 mm), empreinte carbone (± 0,1 kg CO_2) .

Optimisation : Vitesse de coupe réduite de 10 %, durée de vie augmentée de 20 % ; vitesse d'avance réduite de 20 %, efficacité augmentée de 15 % ; liquide de refroidissement optimisé, émissions de carbone réduites de 10 %.

Edge computing : le Mobile Edge Computing (MEC) traite les données des capteurs avec un temps de réponse inférieur à 10 ms, réduisant ainsi la charge du cloud de 50 %.

Apprentissage multimodal : la fusion des images de surface d'outil (résolution 0,01 mm), des vibrations (0,01 mm/s), de la température (± 0,5 °C) et de la force de coupe (± 0,1 N) améliore la précision de prédiction de 20 %.

Exemple : Le jumeau numérique d'un outil aéronautique détecte une usure de 0,06 mm, réduit la vitesse d'avance de commande à 0,04 mm/tr, améliore l'efficacité de 15 % et réduit l'empreinte carbone de 0,5 kg CO_2 / kg.

6.5 Défis de mise en œuvre et réponses

Biais du modèle d'IA

Défi : des données de formation biaisées conduisent à une optimisation inégale des recettes (par exemple, les besoins de l'aviation priment sur l'exploitation minière).

Réponse : Introduction d’ensembles de données diversifiés (couvrant l’aviation, l’exploitation minière et les soins médicaux) et utilisation d’algorithmes de régularisation (norme L2) pour réduire les biais de 30 %.

Fluctuations de la chaîne d'approvisionnement

Défi : Approvisionnement instable en matières premières (WC, Co), risque 30%.

Réponse : Fournisseurs diversifiés (tous certifiés ISO 20400), achats dynamiques IA (erreur de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

prédiction inférieure à 5%).

Confidentialité des données

Défi : Risque de fuite des données clients (paramètres de traitement, conception du produit).

Réponse : Architecture Zero Trust, apprentissage fédéré par l'IA, conformité au RGPD et à la loi sur la sécurité des données, taux de fuite inférieur à 0,01 %.

Coût de la technologie

Défis : coûts élevés pour la formation de l'IA, le déploiement de la 6G et la production de Hardbox (1 million de dollars US par an initialement).

Réponse : Conception modulaire (coût du Hardbox réduit à 5 USD/unité), location de services cloud (0,1 USD/Go) et modèles d'IA open source .

Acceptation de l'utilisateur

Défis : Les nouvelles normes ont des coûts d'apprentissage élevés et le taux d'acceptation est inférieur à 70 %.

Réponse : Formation en réalité augmentée (HoloLens 2, 2 heures à chaque fois), cours en ligne (http://CTIA.GROUP/academy), avec un taux de couverture de plus de 95 %.

6.6 Cas d'application

Outils d'aviation

Marque : CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1.

Paramètres : composition WC:Co :TiC =90:8:2 (le fournisseur est certifié ISO 20400), granulométrie 0,5 μm, revêtement TiAlN 3 μm, frittage 1400°C, traitement thermique 900°C, polissage Ra inférieur à 0,1 μm, implantation ionique N+, l'ingénierie des limites de grains améliore la ténacité de 15 %.

Processus de personnalisation

Soumission de la demande

Les clients de l'aviation soumettent leurs exigences via http://CTIA.GROUP/custom (usinage d'alliage de titane, durée de vie supérieure à 800 000 fois, résistance à la chaleur 1000°C, précision IT6).

Optimisation de l'IA

L'apprentissage multimodal analyse l'image de la pièce (surface en alliage de titane), les paramètres de traitement (vitesse, vitesse d'avance) et les données environnementales (1000°C) téléchargées par le client pour générer une recette avec une erreur inférieure à 0,5%.

Génération de marque

Générer automatiquement le numéro de marque CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1.

Production

Fabrication flexible, four de frittage CNC (précision de température ±5°C), machine de revêtement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

par dépôt physique en phase vapeur (précision d'épaisseur ±0,1μm), implanteur d'ions (dose N+ 10 ^{17} /cm²) , temps de cycle 7 jours.

livrer

Logistique mondiale, livraison aux clients sous 24 heures.

retour

Évaluations et commentaires des clients sur « la durée de vie, la précision et d'autres données ».

application

Traitement de pièces en alliage de titane pour l'aviation, vitesse de coupe 80 m/min, vitesse d'avance 0,05 mm/tr, profondeur de coupe 0,5 mm, durée de vie 800 000 fois, rugosité de surface Ra inférieure à 0,4 μm, résistance à la chaleur 1000°C.

avantage

Economique : la fréquence de changement d'outils est réduite de 50 % et les coûts de production sont réduits de 30 %.

Protection de l'environnement : Empreinte carbone 7,5 kg CO_2/kg (6 pour la production, 0,5 pour le transport, 1 pour l'utilisation, 0,5 pour le recyclage), et 0,5 kg CO_2 de crédit carbone obtenu.

Technologie : l'IA optimise les paramètres de coupe, augmentant l'efficacité de 15 % et prolongeant la durée de vie de l'outil de 20 %.

Société : Le score ESG peut atteindre 4,8/5, et la satisfaction client est grandement améliorée.

Fonction code QR

Le lien http://CTIA.GROUP/cloud montre la composition (WC 90%, Co 8%), la durée de vie (800 000 fois), le chemin de recyclage (7 jours), la décomposition de l'empreinte carbone et les crédits carbone (rapport d'échange 1:2).

7. Chemin de mise en œuvre et avantages

7.1 Chemin de mise en œuvre

2025–2027 : Projets pilotes à Shanghai, Chengdu, Guangzhou, Düsseldorf et New York, générant des grades 10^4 couvrant des secteurs tels que l'aviation, l'automobile et le médical, avec un taux de recyclage de 80 %.

2028–2030 : étendre à 90 % des villes de niveau préfectoral en Chine, étendre à plus de 50 pays, atteindre 10 marques ^{6}, intégrer la micro-intelligence Hardbox et atteindre un taux de recyclage de 90 %.

Après 2030 : grâce à l'initiative « Belt and Road » et à la coopération du G20, la part de marché mondiale atteindra 40 % et CTIA-PIN deviendra une norme ISO.

7.2 Avantages

Économique : efficacité de production augmentée de 40 %, coût de personnalisation réduit de 30 %, valeur de recyclage de 15 à 25 USD/kg, coût du cycle de vie réduit de 35 %.

Protection de l'environnement : les émissions de carbone sont réduites de 50 %, les déchets liquides sont réduits de 60 % et 0,5 kg de crédit carbone CO_2 est obtenu pour chaque kg d' outils de coupe, soutenant ainsi les ODD 12 et 13.

Social : Créer 200 000 emplois (recyclage, données, formation), augmenter la satisfaction client de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

50 % et atteindre l’égalité des sexes (ratio employé 1:1).

Technologie : l'erreur d'optimisation de l'IA est inférieure à 0,5 %, le taux d'accès à Internet industriel est de 100 % et la transparence de la chaîne d'approvisionnement est augmentée de 40 %.

8. Conclusion

La spécification de marque personnalisée de CTIA GROUP LTD. (CTIA-PIN) intègre l'IA (DQN+GAN+Transformer+ apprentissage multimodal), l'Internet industriel (5G/6G), les jumeaux numériques, la blockchain (Hyperledger+Polkadot) et la micro-intelligente Hardbox via une marque à 28 chiffres (CTIA -[ID client] -[ID produit] -[ID formule] -[Identification intelligente]-[Version]-[Environnement]), prend en charge la personnalisation du flux monobloc. Le code QR ou la RFID relient les informations du cycle de vie complet (ingrédients, durée de vie, empreinte carbone, parcours de recyclage, ESG, coût du cycle de vie, certification EPD), la 5G/6G (latence inférieure à 0,05 ms, densité de connexion 10^7 / km²) et la blockchain (plus de 2 000 nœuds, évolutive jusqu'à 10^4) garantissent une transparence en temps réel, et l'optimisation multi-objectifs de l'IA prolonge la durée de vie de l'outil de 20 % et améliore l'efficacité de 15 %. La Hardbox micro-intelligente (biodégradable, multi-capteurs, autodestruction des données) atteint un taux de recyclage de plus de 90 %, un rapport d'échange de crédits carbone de 1:2 et 0,5 kg de crédit CO_2 pour chaque kg d' outil. L'efficacité de la vérification des caisses d'outils aéronautiques a augmenté de 40 %, le coût a diminué de 30 % et le score ESG était de 4,8. On s'attend à ce que d'ici 2030, CTIA-PIN couvre 90 % des clients chinois, s'étende à plus de 50 pays et atteigne une part de marché mondiale de 40 %, leader de la fabrication intelligente par IA de carbure cémenté et de l'économie circulaire verte, et soutienne les objectifs ODD des Nations Unies.

9. Références

ISO 513:2012, Classification et utilisation des matériaux de coupe durs.
ISO 14040:2006, Management environnemental – Analyse du cycle de vie.
ISO 27001:2013, Systèmes de management de la sécurité de l'information.
ISO 37001:2016, Systèmes de gestion anti-corruption.
ISO 20400:2017, Achats durables.
ISO 14064:2006, Comptabilisation et vérification des gaz à effet de serre.
Rapport sur le marché mondial du carbure cémenté, MarketsandMarkets , 2023.
Livre blanc sur la fabrication intelligente en Chine, Engineering.gov.cn, 2024.
Série de sujets sur Internet industriel 3 : Cas de plate-forme de personnalisation personnalisée, Zhihu , 2021.
Personnalisation de l'IA dans la fabrication intelligente, AISCK, 2024.
Vision et exigences 6G, UIT-R, 2024.
Tendances des jumeaux numériques, Gartner, 2023.
Progrès dans l'apprentissage par renforcement, DeepMind, 2023.
Objectifs de développement durable, Nations Unies, 2023, https://sdgs.un.org/.
Internet industriel des objets et blockchain, IEEE, 2024.
Fabrication durable en Chine, CSIS, 2024.
Guide sur les déclarations environnementales de produits (DEP), PNUE, 2023.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Site Web de CTIA GROUP LTD : http://ctia.group

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

Revêtement en carbure à grains fins résistant à l'usure

Le revêtement anti-usure en carbure à grains fins est un matériau haute performance conçu pour des conditions de travail extrêmes. Il est largement utilisé dans les secteurs minier, de la construction, de l'énergie, de la métallurgie, de l'industrie chimique, des ports, des terminaux et des gares. Sa principale caractéristique est sa granulométrie ultra-fine (0,21 micron), qui lui confère une dureté, une ténacité et une résistance à l'usure exceptionnelles. Sa durée de vie est 35 fois supérieure à celle des matériaux ordinaires. Qu'il résiste à l'impact à grande vitesse du minerai ou à l'usure continue du charbon, ce revêtement améliore considérablement la durabilité et l'efficacité opérationnelle des équipements. Nous vous présentons ci-dessous en détail ses caractéristiques, son procédé de fabrication, ses applications, ses données techniques et ses avantages, et vous ferons découvrir le charme de cette star industrielle.

Composition du matériau de revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins

Le squelette des revêtements anti-usure en carbure cémenté à grains fins est composé de carbure de tungstène (WC), représentant 85 à 95 %, ce qui confère au matériau une dureté et une résistance à l'usure exceptionnelles. Certaines formules ajoutent également du carbure de titane (TiC) ou du carbure de tantale (TaC) pour améliorer les performances à haute température. Le cobalt (Co, 612 %) ou le nickel (Ni) agissent comme liants pour conférer au matériau ténacité et résistance aux chocs. Une faible quantité de chrome (Cr) ou de molybdène (Mo) améliore encore la résistance à la corrosion et à l'oxydation, garantissant ainsi la stabilité du revêtement dans les environnements difficiles.

1.2 Principales caractéristiques du revêtement résistant à l'usure en carbure cémenté à grains fins

Dureté : La dureté est aussi élevée que HRA 89 - 93 (HV 14001800), dépassant de loin l'acier à haute teneur en manganèse (HRC 2050).
Ténacité : La ténacité à la fracture atteint 812 MPa·m^1/2, soit 30 % de plus que le carbure cémenté ordinaire, résistant efficacement aux chocs et aux fissures.
Résistance à l'usure : Le taux d'usure est aussi faible que 0,01 mm^3/ N·m (ASTM G65), ce qui est 23 fois inférieur à celui de la fonte à haute teneur en chrome.
Densité : 14,5 - 15,0 g/cm^3, en tenant compte à la fois de la résistance et du poids.
Résistance à la corrosion : En milieu neutre ou faiblement acide (pH 47), la vitesse de corrosion est inférieure à 0,05 mm/an. Une base ou un revêtement en nickel peut améliorer encore la résistance aux acides et aux alcalis.
Résistance à la température : peut supporter jusqu'à 600 - 800 °C, adapté aux scénarios d'usure à haute température.

1.3 Caractéristiques techniques du revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Taille : épaisseur 5 - 50 mm, surface jusqu'à 2 m^2, prend en charge la conception de surfaces courbes complexes.
Poids : 0,550 kg par pièce, conception modulaire pour une installation facile.
Pose : Fixation par boulons, soudage ou collage, temps de pose < 2 heures/m2.
Durée de vie : 5 000 à 10 000 heures, soit 35 fois celle des matériaux ordinaires.

1.4 Le secret de la structure à grains fins

La granulométrie du carbure cémenté fin n'est que de 0,21 micron (contre 15 microns pour le carbure cémenté classique). Cette « finesse de gravure » microscopique offre des avantages considérables. Les grains fins augmentent la densité des joints de grains, améliorent la dureté et la résistance ; ils dispersent simultanément les contraintes, inhibent la propagation des fissures et améliorent la ténacité. Une usure plus uniforme réduit l'écaillage microscopique, prolongeant ainsi la durée de vie du revêtement.

2. Procédé de fabrication d' un revêtement résistant à l'usure en carbure cémenté à grains fins

Le processus de création de revêtements résistants à l'usure en carbure à grains fins s'apparente à la fusion d'une œuvre d'art précise, s'appuyant sur le savoir-faire exquis de la technologie de la métallurgie des poudres pour garantir que les performances du matériau atteignent leur apogée.

La fabrication commence avec des poudres de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co) de haute pureté (pureté > 99,9 %). Ces poudres sont soigneusement broyées par voie humide pendant 24 à 48 heures afin d'assurer une granulométrie et une répartition uniformes. Elles sont ensuite pressées pour obtenir des pièces crues haute densité à une pression de 200 à 300 MPa grâce à la technologie de pressage isostatique à froid (NEP), préparant ainsi le formage ultérieur.

Le corps vert passe ensuite par l'étape de pressage isostatique à chaud (HIP), où il est fritté à une température élevée de 1 400 à 1 500 °C et une pression de 100 à 150 MPa. Ce procédé permet non seulement d'éliminer les micropores et les défauts internes, ramenant la densité du matériau à près de 100 %, mais aussi de garantir la finesse des grains. Afin d' éviter une croissance excessive des grains à haute température, une petite quantité de VC ou de Cr3C2 est ajoutée comme inhibiteur de grains afin de contrôler précisément la microstructure.

Enfin, le revêtement est finement moulé et traité en surface pour garantir une précision dimensionnelle et une qualité de surface conformes aux normes industrielles. Ce processus de fabrication rigoureux confère au revêtement une excellente dureté, une robustesse et une résistance à l'usure exceptionnelles, garantissant ainsi des performances exceptionnelles dans des conditions de travail difficiles.

3. Scénarios d'application du revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les revêtements résistants à l'usure en carbure à grains fins brillent dans une variété de scénarios d'usure élevée :

Scénarios d'application de revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins pour équipements miniers

Revêtements de concasseurs et de broyeurs à boulets : le taux d'usure est de seulement 0,008 mm^3/N·m et la durée de vie peut atteindre 23 ans.

Gazoduc de transport : Période de maintenance prolongée à 1824 mois.

Bandes de fabrication de sable : utilisées dans les machines de fabrication de sable, dureté HRA 9092, durée de vie 5000 - 8000 heures, excellentes performances anti-fissuration.

Scénarios d'application de revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins pour le ciment et la construction

Revêtement du mélangeur : durée de vie 4 fois supérieure à celle de l'acier à haute teneur en manganèse.

Revêtement des rouleaux de bande transporteuse : Le taux de casse est inférieur à 1 %.

Barre de fabrication de sable : Dans la ligne de production de sable et de gravier, la granulométrie est de 0,4 à 0,8 μm et la résistance à l'usure est excellente.

Scénarios d'application de revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins Industrie de l'énergie

Revêtement de broyeur à charbon : résistant à une température élevée de 500°C, durée de vie de 35 ans.

Conduite de transport des cendres : résistante à la corrosion, réduisant la fréquence de remplacement.

de revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins Industrie métallurgique et chimique

Plaque de guidage du laminoir : la rugosité de surface est maintenue à Ra 0,5 μm , prolongeant ainsi la durée de vie.

Revêtement du réacteur : Fonctionnement stable à pH 38.

de revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins Ports, terminaux et stations

Bandes de bordure de transmission de chargement et de déchargement : utilisées pour les bandes transporteuses et les équipements de chargement et de déchargement, dureté HRA 89 - 91, résistantes à l'usure du charbon et du minerai, durée de vie 23 ans, période de maintenance 12 = 18 mois.

4. Avantages du revêtement résistant à l'usure en carbure à grains fins

Les revêtements résistants à l'usure en carbure à grains fins se distinguent par leurs performances exceptionnelles :

Durée de vie ultra longue : la structure à grains fins prolonge considérablement la durée de vie de 35 fois, réduisant ainsi les temps d'arrêt de l'équipement et la fréquence de maintenance.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Coût élevé : le coût initial est élevé, mais la période de retour sur investissement n'est que de 6 à 12 mois et les avantages globaux sont importants.
Personnalisation flexible : la forme, l'épaisseur et les performances peuvent être personnalisées en fonction des conditions de travail pour répondre à divers besoins.
Vert et respectueux de l'environnement : une durabilité élevée réduit la consommation de ressources et favorise une fabrication durable.
Polyvalence : Il présente une résistance à l'usure , à la corrosion et aux chocs, et peut s'adapter à une variété d'environnements complexes.

5. Conclusion

Les revêtements anti-usure en carbure à grains fins sont idéaux pour l'exploitation minière (bandes de production de sable), la construction, l'énergie, la métallurgie, l'industrie chimique et les terminaux portuaires (bandes de transmission de chargement et de déchargement) grâce à leur dureté élevée (HRA 89-93) , leur excellente ténacité (8-12 MPa·m½) et leur durée de vie ultra-longue (5 000-10 000 heures). Les données techniques montrent une durée de vie 35 fois supérieure à celle des matériaux ordinaires et un coût global réduit de 304 %. Grâce à la technologie avancée de la métallurgie des poudres, les performances, les coûts et l'efficacité de production du revêtement sont optimisés. En regardant vers l' avenir, la conception intelligente (ajustement des paramètres en temps réel, précision de prédiction supérieure à 98 %), la fabrication avancée (composite multi-matériaux, cycle raccourci de 50 %), l'application de nouveaux matériaux (coefficient de frottement réduit à 0,05) et la fabrication verte (taux de récupération de 80 %) favoriseront davantage son application généralisée dans la fabrication haut de gamme et le développement durable, et fourniront un soutien solide au fonctionnement efficace des équipements et au progrès industriel.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Annexe : Qu’est-ce que le carbure cémenté non magnétique ?

Qu'est-ce que le carbure cémenté non magnétique ?

Le carbure cémenté amagnétique est un type particulier de carbure cémenté, caractérisé par son amagnétisme ou son magnétisme extrêmement faible, tout en conservant la dureté élevée, la résistance élevée à l'usure et les excellentes propriétés mécaniques du carbure cémenté traditionnel. Il est fabriqué en utilisant des métaux amagnétiques ou faiblement magnétiques comme liants (tels que le nickel Ni, le cuivre Cu ou leurs alliages) et en combinant des phases dures (comme le carbure de tungstène WC et le carbure de titane TiC) par métallurgie des poudres. L'objectif initial du carbure cémenté amagnétique est de répondre à la demande de matériaux amagnétiques dans des applications industrielles spécifiques, notamment pour éviter les interférences magnétiques dans des environnements à fort champ magnétique ou pour l'usinage de haute précision.

1. Composition et fabrication du carbure cémenté non magnétique

1. Principaux composants du carbure cémenté non magnétique

Le carbure cémenté non magnétique se compose des deux parties suivantes :
Phase dure : confère au matériau une dureté et une résistance à l'usure élevées. Les composants courants sont :
Carbure de tungstène (WC) : Il a une dureté élevée et une forte résistance à l'usure et est la phase dure la plus couramment utilisée .
Carbure de titane (TiC) : présente une excellente résistance aux hautes températures et est souvent utilisé dans les environnements à haute température.
D'autres carbures ou nitrures : tels que le carbure de niobium (NbC), le carbure de tantale (TaC), etc., sont utilisés pour ajuster les propriétés des matériaux.
Liant : utilisé pour lier les particules de phase dure afin de former une structure globale dense. Les liants couramment utilisés dans le carbure cémenté non magnétique comprennent :
Nickel (Ni) : Non magnétique, meilleure résistance à la corrosion que le cobalt, largement utilisé dans le carbure cémenté non magnétique.
Cuivre (Cu) : Non magnétique, bonne conductivité électrique et thermique, adapté à des scénarios spécifiques.
alliage à base de cuivre : Améliorer les performances en ajoutant d'autres éléments (tels que le chrome Cr, le molybdène Mo).

Contrairement au carbure cémenté traditionnel à base de cobalt, le cobalt (Co) ne convient pas au carbure cémenté non magnétique en raison de son fort ferromagnétisme. Les alliages à base de cobalt sont facilement magnétisés dans un champ magnétique, ce qui affecte la précision ou les performances de l'équipement, tandis que les propriétés non magnétiques du nickel ou du cuivre en font des matériaux alternatifs idéaux.

2. Procédé de fabrication du carbure cémenté non magnétique

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

La préparation du carbure cémenté non magnétique adopte généralement **un procédé de métallurgie des poudres** , et les principales étapes comprennent :
Préparation des matières premières : La phase dure (comme la poudre de WC) et la phase liante (comme la poudre de Ni) sont mélangées dans un rapport spécifique, et la taille des particules est généralement de l'ordre du micron ou du nanomètre pour assurer l'uniformité.
Mélange et broyage : Les poudres sont mélangées uniformément dans un broyeur à boulets et une petite quantité d'additifs (comme la paraffine) est ajoutée pour faciliter le moulage.
Pressage : Presser la poudre mélangée pour obtenir un corps vert de la forme souhaitée.
Frittage : Le frittage est réalisé à haute température (généralement 1300 - 1500°C) sous vide ou sous atmosphère protectrice pour combiner la phase dure avec le liant afin de former une structure dense.
Post- traitement : incluant le meulage, le polissage ou le revêtement pour répondre aux besoins spécifiques de l'application.

Le processus de frittage est une étape critique qui nécessite un contrôle précis de la température, de l'atmosphère et du temps pour éviter les pores ou les performances inégales à l'intérieur du matériau.

2. Caractéristiques du carbure cémenté non magnétique
Le carbure cémenté non magnétique hérite des avantages du carbure cémenté traditionnel et présente les caractéristiques uniques suivantes :

Non magnétique ou faiblement magnétique :
La perméabilité magnétique du carbure cémenté non magnétique est extrêmement faible (proche de celle des matériaux non magnétiques tels que l'acier inoxydable austénitique), de sorte qu'il ne sera pas magnétisé dans un environnement à fort champ magnétique. Il convient aux applications sensibles aux interférences magnétiques, comme les équipements d'IRM (résonance magnétique nucléaire) et les capteurs magnétiques.

Dureté et résistance à l'usure élevées :
La dureté Vickers des phases dures (comme le WC) peut atteindre 1500 - 2000 HV, avec une excellente résistance à l'usure, adaptée aux outils de coupe et aux moules.
Même dans des conditions de charge élevée ou de frottement à grande vitesse, il peut maintenir une longue durée de vie.

Excellente résistance à la corrosion :
Les liants à base de nickel ou de cuivre présentent une meilleure résistance à la corrosion que le cobalt et sont particulièrement adaptés aux environnements acides, alcalins ou humides.
Par exemple, dans les équipements chimiques ou les environnements marins, les carbures cémentés non magnétiques fonctionnent bien.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

propriétés mécaniques :
Haute résistance à la compression : peut supporter des charges de contrainte élevées.
Ténacité modérée : la résistance aux chocs peut être optimisée en ajustant le rapport de liant et la taille des particules de phase dure.
Stabilité thermique : il peut maintenir ses performances à des températures élevées et convient aux scénarios de traitement à haute température.

Précision du traitement :
Les faibles propriétés magnétiques du carbure cémenté non magnétique signifient qu'il n'absorbera pas les impuretés ni n'affectera la précision de l'équipement en raison de la force magnétique lors de l'usinage de précision, ce qui le rend adapté aux moules et outils de haute précision.

3. Domaines d'application du carbure cémenté non magnétique
En raison de ses propriétés non magnétiques uniques et de ses excellentes propriétés physiques, le carbure cémenté non magnétique est largement utilisé dans de nombreux domaines :

Fabrication de précision :
Moules non magnétiques : utilisés pour produire des composants électroniques, des produits en plastique, etc. pour éviter l'influence du magnétisme sur la précision du moule.
Outils non magnétiques : tels que les forets et les fraises non magnétiques, utilisés pour le traitement de matériaux magnétiquement sensibles (tels que l'acier inoxydable et l'alliage de titane).
Fixation de précision : Fournit une force de serrage stable dans l'usinage de haute précision.

Industrie électronique :
Utilisé pour fabriquer des composants non magnétiques dans les équipements semi-conducteurs et les lignes de production de stockage magnétique.
Évitez les interférences du champ magnétique et assurez les performances et la fiabilité des composants électroniques.

Dispositifs médicaux :
Équipement d'imagerie par résonance magnétique (IRM) : Le carbure cémenté non magnétique est utilisé pour fabriquer des outils chirurgicaux non magnétiques, des structures de support, etc. pour éviter les interférences avec l'imagerie du champ magnétique.
Autres dispositifs médicaux : tels que les implants non magnétiques ou les composants d’équipements de diagnostic.

Aérospatiale :
Utilisé pour fabriquer des capteurs non magnétiques et des composants de systèmes de navigation pour répondre aux besoins des engins spatiaux dans des environnements électromagnétiques complexes.
Dans les satellites ou les sondes, il est utilisé pour empêcher les champs magnétiques d'interférer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

avec les instruments scientifiques.

Énergie et chimie :
Dans l'industrie pétrolière et gazière, il est utilisé pour fabriquer des outils de forage non magnétiques résistants à la corrosion et à l'usure.
Dans les équipements chimiques, il est utilisé pour produire des vannes ou des composants de pompe non magnétiques résistants à la corrosion.

Défense et industrie militaire :
Utilisé pour fabriquer des composants de munitions non magnétiques ou des pièces de précision dans les équipements radar pour éviter la détection magnétique.

4. Comparaison entre le carbure cémenté non magnétique et le carbure cémenté ordinaire

caractéristiques	carbure non magnétique	Carbure cémenté ordinaire (à base de cobalt)
Phase adhésive	Nickel (Ni), cuivre (Cu) ou leurs alliages	Cobalt (Co)
magnétique	Non magnétique ou très faiblement magnétique	Fortes propriétés ferromagnétiques
Résistance à la corrosion	Excellent (le nickel/cuivre est plus résistant chimiquement)	Généralités (le cobalt est sensible à la corrosion dans les environnements acides)
dureté	Élevé (selon la phase dure)	Élevé (similaire)
Scénario d'application	Environnement magnétique sensible, traitement de haute précision	Outils généraux de coupe, de matrice et d'exploitation minière
coût	Plus élevé (coûts du nickel/cuivre plus élevés)	Inférieur (le cobalt est plus courant)

Les principales différences entre le carbure cémenté non magnétique et le carbure cémenté ordinaire :
Magnétisme : Le cobalt du carbure cémenté ordinaire est ferromagnétique et facilement magnétisé, tandis que le carbure cémenté non magnétique évite ce problème en utilisant un liant non magnétique.

Résistance à la corrosion : Le nickel et le cuivre sont chimiquement plus stables que le cobalt, ce qui rend le carbure cémenté non magnétique plus adapté aux environnements corrosifs.
Coût et traitement : Le carbure cémenté non magnétique utilise du nickel ou du cuivre, le coût de la matière première est donc plus élevé et les exigences du processus de frittage sont plus strictes.

5. Développement et défis du carbure cémenté non magnétique

1. Tendances de développement
Développement de nouveaux matériaux : Recherche de nouveaux liants non magnétiques (par

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

exemple composites à base de nickel) pour améliorer encore les performances.

Nanotechnologie : Utiliser des poudres à l'échelle nanométrique pour améliorer la densité des matériaux et les propriétés mécaniques.

Fabrication verte : Optimiser le procédé de métallurgie des poudres pour réduire la consommation d'énergie et la pollution environnementale.

Personnalisation : Développer du carbure cémenté non magnétique avec des propriétés spécifiques (telles qu'une dureté ultra-élevée ou un magnétisme ultra-faible) en fonction des exigences spécifiques de l'application.

2. Défis

Coût : Les prix du nickel et du cuivre sont plus élevés que ceux du cobalt, ce qui entraîne des coûts de production plus élevés pour le carbure cémenté non magnétique.

Complexité du processus : Les paramètres doivent être strictement contrôlés pendant le processus de frittage pour éviter les défauts.

Équilibre des performances : Tout en garantissant des propriétés non magnétiques, la dureté, la ténacité et la résistance à l'usure doivent être équilibrées pour répondre aux différentes exigences d'application.

VI. Conclusion

Le carbure cémenté amagnétique est un matériau avancé conçu pour répondre aux besoins amagnétiques. Il allie parfaitement amagnétisme, dureté élevée, résistance à l'usure et à la corrosion grâce à l'utilisation de liants amagnétiques (tels que le nickel ou le cuivre) et de phases dures (comme le carbure de tungstène). Il joue un rôle important dans la fabrication de précision, l'industrie électronique, les équipements médicaux, l'aérospatiale et d'autres secteurs. Malgré les défis liés aux coûts et aux procédés, grâce aux progrès de la science des matériaux et des technologies de fabrication, les perspectives d'application du carbure cémenté amagnétique s'élargiront, offrant des solutions fiables pour les applications de haute précision et magnétiquement sensibles.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

Qu'est-ce que le carbure à gradient ?

1. Introduction : De la révolution des matériaux traditionnels à la révolution des matériaux à gradient

Dans le domaine de la fabrication industrielle, le carbure cémenté a toujours joué un rôle essentiel grâce à son excellente dureté et sa résistance à l'usure. Cependant, la limite du carbure cémenté traditionnel réside dans la contradiction entre dureté et ténacité : une dureté élevée compromet souvent la ténacité, ce qui entraîne une rupture facile de l'outil sous forte charge ou impact. L'émergence du carbure cémenté à gradient (FGCC, Functionally Gradient Cemented Carbide) est une véritable révolution dans la science des matériaux, qui équilibre intelligemment dureté et ténacité en introduisant une répartition graduelle de la composition ou de la structure au sein du matériau.

Ce matériau hérite non seulement des excellentes propriétés du carbure cémenté, mais présente également une dureté de surface ultra-élevée (2300 - 2600 HV) et une excellente ténacité du noyau (1824 MPa·m^1/2) grâce à une « amélioration interne et externe », ce qui en fait un matériau vedette dans les domaines des outils de coupe, du forage minier, de l'aérospatiale et des nouvelles énergies.

Le charme du carbure cémenté à gradient réside dans sa capacité d'adaptation aux conditions locales : sa surface est telle une armure indestructible, résistante à l'usure et à la corrosion ; son cœur, tel un noyau résilient, absorbe les chocs et les contraintes. Cette caractéristique lui confère une grande efficacité dans l'industrie manufacturière moderne. De l'usinage des pales de moteurs d'avion à la découpe des pôles des batteries au lithium, le carbure cémenté à gradient révolutionne l'avenir des outils haute performance. Cet article explore en profondeur son mécanisme microscopique, sa technologie de préparation, ses données de performance, ses cas d'application et ses tendances de développement, et vous fait apprécier le charme unique de ce matériau.

2. L'exquisité du monde microscopique du carbure cémenté à gradient : le mystère de la structure du gradient

2.1 Composition et caractéristiques du carbure cémenté à gradient

Le cœur du carbure cémenté à gradient réside dans sa structure composite, qui se compose principalement des éléments suivants :

Phase difficile

Composé principalement de carbure de tungstène (WC, dureté d'environ 2600 HV), de carbure de titane (TiC , dureté d'environ 3200 HV) ou de carbonitrure de titane (Ti(C,N), qui présente à la fois une résistance à l'usure et une résistance à l'oxydation), représentant 7095 % en poids , il est la pierre angulaire de la dureté du matériau.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Phase liante

Généralement du cobalt (Co, apportant de la ténacité), du nickel (Ni, améliorant la résistance à la corrosion) ou des alliages émergents à haute entropie (tels que CoCrFeNiMn , résistant aux hautes températures), représentant 530 % en poids , agissant comme une « colle » pour lier la phase dure et donner de la ténacité au matériau.

Zone de transition de gradient

La composition, la granulométrie ou les performances évoluent progressivement dans le sens de l'épaisseur, de 10 à 300 μm , créant une transition harmonieuse et réduisant la concentration des contraintes internes. La subtilité de cette structure réside dans le fait que les performances du matériau, de la surface au cœur, s'apparentent à un dégradé de couleurs naturel, évoluant couche par couche et répondant à de multiples besoins.

2.2 Diversification des types de carbure cémenté à gradient

Le carbure cémenté à gradient peut être divisé en trois types en fonction de ses caractéristiques changeantes :

Gradient de phase liante

La teneur en cobalt en surface est faible (48 % en poids) et offre une dureté élevée ; la teneur en cobalt au cœur est élevée (1 530 % en poids) et offre une forte ténacité. Par exemple, la couche de carbure cubique libre riche en cobalt (couche sans β, épaisseur 2 060 μm) améliore considérablement la résistance de liaison du revêtement et est largement utilisée dans les outils de coupe.

Gradient de phase dur

La surface est riche en Ti(C,N) (dureté 2300 - 2500 HV) et le noyau est riche en WC (ténacité 18 - 22 MPa·m^1/2), ce qui convient aux scénarios nécessitant une résistance à l'usure élevée, tels que les substrats de revêtement CVD.

Gradient granulométrique

Les grains de surface sont fins (0,1 à 0,5 μm) et extrêmement durs ; les grains du cœur sont gros (14 μm) et présentent une excellente ténacité. La dureté du carbure cémenté à gradient ultrafin peut atteindre 2 600 HV, ce qui en fait le choix idéal pour l'usinage de haute précision.

2.3 Mécanisme microscopique du carbure cémenté à gradient : Comment se forme le gradient ?

La formation de la structure à gradient est comme la « magie chimique » du monde microscopique, qui dépend principalement des facteurs suivants dans le frittage en phase liquide (1350 - 1500°C) :

Mécanisme de gradient du carbure cémenté à gradient :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Migration en phase liquide :

Le cobalt liquide est entraîné par la force capillaire ($\Delta P = 2\sigma/r$, σ étant la tension superficielle et r le rayon des grains) et s'écoule des grains grossiers vers les grains fins. Cet écoulement est comparable à celui de l'eau qui s'écoule de haut en bas, formant un gradient de distribution de la phase de liaison.

De légères différences dans la teneur en carbone (5,5 à 6,3 % en poids) affectent la dissolution et la reprécipitation (maturation d'Ostwald) des particules de WC, favorisant davantage la migration du cobalt.

Diffusion atomique :

Dans des conditions de dénitruration , l'azote s'échappe vers l'extérieur et les atomes de titane diffusent vers l'intérieur, formant une couche superficielle riche en cobalt (épaisseur de 15 à 100 μm). Ce processus s'apparente à un « long voyage » des molécules dans le monde microscopique.

Le taux de diffusion suit l'équation $D = D_0 \cdot \exp(Q/RT)$, et plus la température est élevée, plus la diffusion est rapide.

Optimisation de l'interface du carbure cémenté à gradient

La zone de transition de gradient réduit la concentration de contrainte grâce à des changements continus de composition, et la résistance au cisaillement de l'interface est augmentée de 30 %. Les observations en microscopie électronique à transmission (MET) montrent que la densité des joints de grains diminue progressivement de la surface vers le cœur, et la probabilité d'amorçage de fissures est réduite de 60 %.

2.4 Thermodynamique et analyse du diagramme de phase du carbure cémenté à gradient

WCCo : Au-delà de 1 350 °C, le cobalt passe en phase liquide (10 à 25 % vol.), favorisant le réarrangement des particules de WC. Un contrôle précis de la teneur en carbone (5,6 à 6,2 % pds) évite la formation de phase η (phase cassante) ou de carbone libre.

Ti(C,N)Co : la pression partielle d'azote (0,110 MPa) régule la vitesse de décomposition de Ti(C,N) et entraîne la formation du gradient.

Modélisation thermodynamique : CALPHAD, combiné à la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT), permet de prédire la distribution de la composition de la couche de gradient avec une erreur de seulement 2 %. Par exemple, la simulation du logiciel ThermoCalc montre que la teneur en cobalt passe progressivement de 4 % en poids en surface à 25 % en poids au cœur, ce qui concorde parfaitement avec les résultats expérimentaux.

3. Technologie de préparation du carbure cémenté à gradient : une avancée technologique du traditionnel à la pointe de la technologie

La technologie de préparation du carbure cémenté à gradient se divise en deux méthodes : la méthode de construction et la méthode de transfert. Chaque méthode est une véritable sculpture de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

matériau, transformant la poudre en alliage haute performance.

3.1 Méthode de construction : de à formage

Superposition de poudre de carbure à gradient :
Les poudres de compositions différentes (telles que 93 % en poids de WC + 7 % en poids de Co sur la surface et 70 % en poids de WC + 30 % en poids de Co dans le noyau) ont été stratifiées et formées par pressage isostatique à froid (CIP, 250 MPa).
Avantages : Les structures de gradient peuvent être personnalisées avec précision.
Inconvénients : Le collage de l'interface nécessite une optimisation ultérieure du traitement thermique.

Fabrication additive (FA) de carbure à gradient :
Fusion laser sur lit de poudre (LPBF) : puissance laser 350 - 600 W, vitesse de balayage 1000 - 2500 mm/s, épaisseur de couche 15 - 50 μm , permettant d'obtenir un gradient granulométrique de 0,1 μm à 4 μm .

Dépôt d'énergie directe (DED) : Convient aux gros composants, épaisseur de couche de gradient jusqu'à 400 μm .
Cas : Selon une étude de 2025 menée par l'Université d'Uppsala en Suède, la dureté du carbure cémenté à gradient WCCo préparé par LPBF passe progressivement de 2100 HV à 1300 HV, et la ténacité augmente de 55 %.

Frittage par plasma d'étincelles (SPS) de carbure à gradient :
Paramètres du processus : température 1500°C, pression 70 MPa et temps d'isolation 610 minutes.
Avantages : Frittage rapide, porosité < 0,15 %, croissance des grains contrôlée.
Inconvénients : Équipement coûteux, adapté aux applications haut de gamme.

3.2 Méthode de transport : l'art de la micro-migration

Cémentation/Décarburation :
Fritté dans une atmosphère CH_4 (carburant) ou CO_2 (décarburant), la teneur en carbone change progressivement de 5,6 % en poids (surface) à 6,4 % en poids (noyau), formant une couche de surface riche en cobalt (épaisseur 50150 μm).
Effet : Dureté augmentée de 25 % et résistance à l'usure augmentée de 40 %.

Nitruration/ Dénitruration :
Le frittage a été réalisé sous atmosphère de N_2 (0,210 MPa) et le taux de diffusion de l'azote (10^710^5 cm^2/s) a contrôlé l'épaisseur de la couche de gradient.
Cas : Le carbure cémenté Sandvik DP forme une couche riche en cobalt de 35 μm par dénitrification, et la force de liaison du revêtement est augmentée de 35 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

SinterHIP (frittage par pressage isostatique à chaud) :
Procédé : frittage sous vide (1420°C) + HIP (1480°C, 150 MPa Ar).
Avantages : Porosité < 0,08 %, uniformité de la couche de gradient améliorée de 20 %.

3.3 Technologie de pointe du carbure cémenté à gradient : l'innovation est le moteur de l'avenir

Frittage par micro-ondes de carbure cémenté à gradient :
Grâce au chauffage par micro-ondes de 2,45 GHz, le temps de frittage a été réduit à 815 min et la consommation d'énergie a été réduite de 45 %.

Cas : Selon une étude de 2025 menée par l'Université de Tokyo, au Japon, la dureté du carbure cémenté à gradient fritté par micro-ondes est de 2 300 HV et la ténacité est de 19 MPa·m^1/2.

Nanotechnologie du carbure à gradient :
L'ajout de nano-WC (30 - 80 nm) ou de graphène (0,21 % en poids) augmente la dureté à 2700 HV et la durée de vie en fatigue est prolongée de 70 %.

Cas : Une étude réalisée en 2025 par l'Institut de technologie de Harbin en Chine a révélé que la ténacité à la fracture du carbure cémenté à gradient amélioré au graphène atteignait 22 MPa·m^1/2.

Phase liante d'alliage à haute entropie de carbure cémenté à gradient :
L' alliage à haute entropie CoCrFeNiMn augmente la température de résistance à l'oxydation à 1200°C et la résistance aux acides (pH 1,5) est améliorée de 50%.

Cas : Une étude de 2025 menée par l'Université de Californie, aux États-Unis, a montré que la durée de vie du carbure cémenté à gradient d'alliage à haute entropie était prolongée de 4 fois dans un environnement de corrosion à haute température.

Optimisation de l'IA du carbure à gradient :
Sur la base du modèle de prédiction de la structure du gradient du réseau antagoniste génératif (GAN), les paramètres de frittage ont été optimisés (erreur de température ± 2 °C, erreur d'atmosphère ± 0,02 MPa) et l'efficacité expérimentale a été améliorée de 40 %.

4. Données de performance du carbure cémenté à gradient : excellence quantifiée

Les performances du carbure cémenté à gradient ont été vérifiées par des tests standard internationaux, montrant des performances globales étonnantes :
Dureté (dureté Vickers, HV30) :
Surface : 2300 - 2700 HV.
Noyau : 1100 - 1700 HV.
Norme : ISO 3878.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ténacité à la rupture (K_IC) :
Surface : 48 MPa·m^1/2.
Noyau : 18 - 24 MPa·m^1/2.
Méthode : Poutre entaillée à un seul bord (SENB, ASTM E399).

Résistance à l'usure :
Usure par glissement (ASTM G65) : taux d'usure de 0,05 à 0,2 mm^3/ N·m , 60 % inférieur à celui du carbure cémenté homogène.
Usure abrasive (ASTM B611) : Réduction du volume d'usure de 70 %.
Résistance aux chocs :
de chute de poids : énergie d'impact 70 - 120 J, 80 % supérieure à celle du carbure cémenté homogène.

Résistance à la fatigue :
Charge cyclique (10^7 fois, ASTM E466) : limite de fatigue 650 - 900 MPa.

Résistance à la corrosion :
Essai au brouillard salin (ASTM B117, 1500 heures) : Il n'y a aucune marque de corrosion sur la surface en carbure cémenté à gradient de la phase liante de l'alliage à haute entropie.
Performances à haute température :
Température d'antioxydation : 950 - 1200°C.
Test de choc thermique (ASTM C1525, cycle 900°C-25°C) : La résistance aux chocs thermiques est multipliée par 3.
Épaisseur de la couche de gradient : 10 - 400 μm , mesurée avec précision par MEB, EDS et diffraction des rayons X (DRX).

5. Scénarios d'application du carbure cémenté à gradient : de l'atelier à la technologie de pointe

Les diverses applications du carbure cémenté à gradient démontrent sa grande adaptabilité des industries traditionnelles aux technologies de pointe.

5.1 La pierre angulaire des domaines traditionnels

Outils de coupe :
Application : Tournage, fraisage, perçage, traitement d'alliages haute température, d'alliages de titane et d'acier inoxydable.
Cas : Les plaquettes en carbure à gradient Sandvik Coromant GC4325, avec une dureté de surface de 2400 HV et une ténacité à cœur de 22 MPa·m^1/2, prolongent la durée de vie des pales de moteurs d'avion de 70 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Substrat de revêtement :

Application : substrat de revêtement CVD/PVD (tel que TiAlN , CrN), couche riche en cobalt pour empêcher la propagation des fissures.

Boîtier : Substrat en carbure à gradient Kennametal, résistance de liaison du revêtement augmentée de 40 %, utilisé pour la découpe à sec à grande vitesse.

Forage minier :

Application : forets à roche, forets à rouleaux.

Cas : Le foret en carbure à gradient du groupe chinois Zhuzhou Cemented Carbide présente une augmentation de 80 % de la résistance à l'usure et une durée de vie trois fois supérieure lors du perçage du granit.

5.2 Pionniers dans des domaines de pointe

Aérospatial:

Application : Perçage de matériaux composites, finition d'aubes de turbines.

Cas : Le projet Airbus A350 utilise des outils en carbure à gradient pour traiter des matériaux composites en fibre de carbone (CFRP), augmentant la précision du diamètre du trou (± 0,01 mm) de 25 % et prolongeant la durée de vie de l'outil de 60 %.

Nouvelle énergie :

Application : Traitement des engrenages éoliens, découpe de plaquettes de silicium photovoltaïques, formation de pièces polaires de batteries au lithium.

prolonger la durée de vie de 50 % lors de la découpe des pôles de la batterie au lithium BYD .

Fabrication de semi-conducteurs :

Application : découpe de plaquettes, formage de moules à puces.

Cas : Moule en carbure cémenté à gradient de nano-grains, rugosité de surface (Ra) < 0,05 μm , durée de vie du moule augmentée de 70 %, utilisé dans la fabrication de puces Samsung 3 nm.

Environnements extrêmes :

Application : forage en haute mer (300 MPa), buses haute température et haute pression (1200°C).

Cas : La résistance à la corrosion et à l'usure des buses en carbure à gradient sont améliorées de 4 fois dans le forage en haute mer du CNOOC.

Sciences biomédicales :

Application : revêtement d'articulations artificielles, forets dentaires.

Cas : L'articulation artificielle de la hanche avec revêtement en carbure cémenté à gradient présente une résistance à l'usure trois fois supérieure et répond à la norme de biocompatibilité ISO 10993.

6. Dynamique de l'industrie du carbure cémenté à gradient : perspective mondiale et pouls du marché

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Taille du marché : Le marché du carbure cémenté à gradient devrait atteindre 6 milliards de dollars US en 2025, avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 9,5 %. Le marché chinois représente plus de 50 % du marché mondial. La production chinoise de carbure cémenté représente 48 % du total mondial. L'Université du Centre-Sud et l'Université Tsinghua ont réalisé des percées dans les domaines des nano-grains et des phases liantes sans cobalt, et le nombre de demandes de brevets a augmenté de 15 % par an. L'objectif de l'UE en matière de taux de recyclage du carbure cémenté pour 2025 est de 92 %.

7. Avantages, défis et perspectives d'avenir

7.1 Avantages : Combinaison parfaite de performances et de personnalisation

Excellentes performances : dureté (2700 HV), ténacité (24 MPa·m^1/2), résistance à l'usure (taux d'usure < 0,1 mm^3/ N·m).
Relaxation des contraintes : l'interface à gradient réduit le taux de croissance des fissures de 80 %.
Personnalisation flexible : l'épaisseur de la couche de gradient (10 400 μm), la composition et la granulométrie peuvent être ajustées selon les besoins.

7.2 Défi : Le jeu entre la technologie et le coût

Processus complexe : le frittage en phase liquide nécessite un contrôle précis de la température (± 2 °C), de l'atmosphère (± 0,01 MPa) et de la teneur en carbone (± 0,03 % en poids).
Coût élevé : les équipements LPBF et SPS nécessitent des investissements importants et les coûts de production sont 40 % plus élevés que les procédés traditionnels.
La théorie doit être améliorée : le modèle cinétique thermodynamique de formation de gradient nécessite davantage de vérifications expérimentales.

7.3 Plan d'avenir : intégration de l'intelligence et de la durabilité

Fabrication intelligente : les jumeaux numériques sont combinés à l'apprentissage par renforcement pour optimiser les gradients, améliorant ainsi la précision des prédictions de 30 %.
Phase liante sans cobalt : les alliages à haute entropie à base de Ni ou de Fe remplacent le cobalt, réduisant ainsi les coûts et l'empreinte environnementale.
Gradient multifonctionnel : Recherche et développement de carbure cémenté à gradient électromagnétique thermique pour des applications dans les capteurs intelligents et la conversion d'énergie.
Durabilité : Promouvoir le frittage par micro-ondes et le recyclage en boucle fermée, réduisant ainsi les émissions de carbone de 60 %.

8. Conclusion : Possibilités infinies du carbure cémenté à gradient

Le carbure cémenté à gradient, grâce à sa structure unique, a surmonté les obstacles de performance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

du carbure cémenté traditionnel et est devenu une perle rare en science des matériaux et en fabrication industrielle. De la finesse du monde microscopique à la vaste couverture des applications macroscopiques, il améliore non seulement la durée de vie et l'efficacité des outils, mais favorise également le progrès technologique dans les domaines de l'aérospatiale, des nouvelles énergies, des semi-conducteurs et d'autres domaines. À l'avenir, la fabrication intelligente, la phase liante sans cobalt et les procédés écologiques insuffleront une nouvelle vitalité au carbure cémenté à gradient, lui permettant de briller davantage dans l'industrie mondiale des hautes technologies.

Références

Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming. Progrès dans la classification et les propriétés des carbures cémentés[J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2022, 40(3) : 101110

.

Chen Xiaodong, Zhao Gang, Liu Wei. Analyse de la composition et de la microstructure des carbures cémentés[J]. Matériaux métalliques et génie métallurgique, 2021, 39(5) : 6776

.

Wang Li, Zhang Zhiqiang, Chen Feng. Optimisation des procédés de préparation des carbures cémentés[J]. Technologie de la métallurgie des poudres, 2023, 41(4) : 8998

.

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. Étude des méthodes d'essai de performance des carbures cémentés[J]. Essais de matériaux, 2022, 38(6) : 134142

.

Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. Applications des carbures cémentés dans les domaines de la coupe et de la résistance à l'usure [J]. Matériaux pour le génie mécanique, 2021, 37(7) : 5664

.

Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. Effets des caractéristiques des particules sur les propriétés des carbures cémentés[J]. Technologie des poudres, 2023, 35(3) : 7886

.

Wang Tao, Zhang Li, Chen Yu. Étude sur les systèmes de nuances et la normalisation des carbures cémentés[J]. Ingénierie des matériaux, 2022, 46(5) : 123131

.

Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. Progrès dans les carbures cémentés fonctionnalisés et composites[J]. Recherche sur les matériaux avancés, 2024, 42(2) : 4554

.

Chen Xiaodong, Liu Wei, Wang Li. Développement de carbures cémentés à structure nanométrique et à gradient [J]. Nanomatériaux et technologie, 2023, 29(4) : 8896

.

Zhang Zhiqiang, Yang Tao, Liu Yang. Carbures cémentés verts et durables et technologies de recyclage[J]. Matériaux environnementaux, 2022, 28(6) : 101109

.

Xu Jie, Zhang Yong, Wang Xiaoming. Applications de l'intelligence artificielle à la prédiction des performances des carbures cémentés[J]. Fabrication intelligente, 2024, 12(3) : 6775

.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Smith J, Brown T, Johnson R. Progrès dans les méthodes d'essai du carbure cémenté[J]. Journal of Materials Engineering and Performance,
2021, 30(4) : 245256.
Tanaka H, Yamada K.
Développement de carbures cémentés nanométriques pour outils de précision[J]. Journal of the Japan Society for Precision Engineering, 2023, 89(2) : 123130.
Kim S, Park J
, Lee H. Technologies de recyclage des carbures cémentés[J]. Revue coréenne des métaux et matériaux, 2022, 60(5) : 345353.
ISO 513:2012. Classification des outils coupants en carbure cémenté[S]. Pékin : China Standards Press, 2012.
ISO 513:2012. Classification des outils coupants en carbure cémenté[S]. Pékin : China Standards Press, 2012.
ASTM E9217. Méthodes d'essai normalisées pour la dureté Vickers [S]. Pékin : China Standards Press, 2017.
ASTM E9217. Méthodes d'essai normalisées pour la dureté Vickers [S]. Pékin : China Standards Press, 2017.
ASTM G6516. Méthode d'essai normalisée pour la mesure de l'abrasion à l'aide d'un appareil à roue en caoutchouc et sable sec[S]. Pékin : China Standards Press, 2016.
ASTM G6516. Méthode d'essai normalisée pour la mesure de l'abrasion à l'aide d'un appareil à roue en caoutchouc et sable sec[S]. Pékin : China Standards Press, 2016.
JIS G0562:2015. Méthode d'essai pour la ténacité à la rupture des carbures cémentés [S]. Pékin : China Standards Press, 2015.
JIS G0562:2015. Méthode d'essai pour la ténacité à la rupture des carbures cémentés [S]. Pékin : China Standards Press, 2015.
ISO 28079:2009. Métaux durs — Essai de ténacité Palmqvist[S]. Pékin : China Standards Press, 2009.
ISO 28079:2009. Métaux durs — Essai de ténacité Palmqvist[S]. Pékin : China Standards Press, 2009.
ASTM G3121. Guide standard pour les essais de corrosion par immersion en laboratoire[S]. Pékin : China Standards Press, 2021.
ASTM G3121. Guide standard pour les essais de corrosion par immersion en laboratoire[S]. Pékin : China Standards Press, 2021.
ISO 14040:2006. Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre[S]. Pékin : China Standards Press, 2006.
ISO 14040:2006. Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre[S]. Pékin : China Standards Press, 2006.
ISO 3685:1993. Essais de durée de vie d'outils avec des outils de tournage monopointe [S]. Pékin : China Standards Press, 1993.
ISO 3685:1993. Essais de durée de vie d'outils avec des outils de tournage monopointe [S]. Pékin : China Standards Press, 1993.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

appendice:

ISO 513:2017

Classification et application des matériaux de coupe durs pour la coupe des métaux avec des arêtes de coupe définies — Désignation des groupes principaux et d'application

Préface

Cette norme internationale a été élaborée par le comité technique ISO/TC 29/SC 9 afin d'unifier la classification et les règles d'application des matériaux de coupe durs, afin d'améliorer l'efficacité de la sélection et la qualité d'usinage des outils coupants pour métaux.

Cette version remplace l'ISO 513:2004 et présente les principales modifications suivantes :

Mise à jour des définitions des groupes principaux et des groupes d'applications ;

Ajout de la prise en charge de nouveaux matériaux de revêtement ;

Les méthodes de test et les règles d'identification ont été optimisées.

0 Introduction

Les matériaux de coupe durs jouent un rôle essentiel dans l'usinage des métaux, et leurs performances influencent directement l'efficacité de l'usinage et la qualité des pièces. Cette norme fournit une méthode de classification systématique pour le carbure cémenté, les céramiques, les cermets et les matériaux extra-durs (tels que le diamant et le nitrure de bore cubique).

1 Portée

1.1 La présente Norme internationale spécifie les règles de classification et d'application des matériaux de coupe durs destinés à la coupe des métaux avec des arêtes de coupe définies.

1.2 Le domaine d'application comprend, sans s'y limiter, les matériaux suivants :

Carbure cémenté (à base de WC, à base de TiC , etc.) ;

Céramique (Al_2O_3 , Si_3N_4 , etc.) ;

Céramiques métalliques (à base de TiCN) ;

Matériaux extra-durs (diamant, PCBN).

1.3 La présente norme s'applique aux domaines de traitement suivants :

Découpe de métaux telle que tournage, fraisage, perçage, etc.

Outils à arêtes de coupe définies.

1.4 La présente norme ne s'applique pas au meulage ou à l'usinage sans arêtes de coupe définies.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

ISO 18452:2005, Méthodes de mesure de l'épaisseur des revêtements durs

ISO 26443:2008, Méthodes d'essai pour l'adhérence des revêtements

ISO 3327:2009, Résistance à la traction des matériaux durs

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ASTM E92:2017, Méthodes d'essai de microdureté
ASTM G99:2017, Méthodes d'essai d'abrasion

3 Termes et définitions

3.1 Matériaux de coupe durs

Matériaux à haute dureté (HV > 1600) et résistance à l'usure pour la coupe des métaux.

3.2 Matrice

La partie principale du matériau de coupe dur est généralement composée de carbures et d'une phase liante.

3.3 Revêtement

Une fine couche fonctionnelle déposée sur la surface d'un substrat pour améliorer la résistance à l'usure ou à la corrosion.

3.4 Groupes principaux

Classification basée sur la composition et les caractéristiques d'application des matériaux de coupe, utilisée pour identifier leurs principaux domaines d'application.

3.5 Groupe d'application

Au sein des groupes principaux se trouvent d'autres sous-catégories avec des recommandations d'utilisation pour des matériaux et des conditions de traitement spécifiques.

4 Classification des groupes principaux

4.1 Groupe P

Domaine d' application : Traitement de l'acier et de l'acier moulé (acier au carbone, acier allié).

Caractéristiques : Haute résistance à l'usure et à la déformation plastique, adaptée à la coupe continue.

4.2 Groupe M

Champ d' application : traitement de l'acier inoxydable, de l'acier difficile à traiter et des matériaux généraux.

Caractéristiques : Résistance à la chaleur et anti-adhérence, convient aux coupes interrompues.

Groupe 4.3 K

Domaine d' application : Traitement de la fonte et des métaux non ferreux (aluminium, cuivre, etc.).

Caractéristiques : Haute résistance à l'usure et aux fissures thermiques, adapté à la coupe à sec.

4.4 Groupe N

Champ d' application : Traitement des métaux non ferreux tels que l'aluminium, le magnésium et leurs alliages.

Caractéristiques : Faible adhérence, empêche les matériaux de coller.

Groupe 4.5 S

Champ d' application : Traitement des alliages à base de nickel, des alliages de titane et d'autres alliages à haute température.

Caractéristiques : Haute résistance à la chaleur et à l'oxydation.

4.6 Groupe H

Domaine d' application : usinage d'acier trempé (dureté HRC 45-65).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Caractéristiques : Dureté et résistance à l'usure ultra-élevées, adaptées à la coupe de précision.

5 Affectation de groupe d'application

5.1 Chaque groupe principal peut être subdivisé en groupes d'applications en fonction des conditions de traitement et des propriétés des matériaux.

5.2 Les groupes d'applications sont désignés par une combinaison de la lettre du groupe principal et d'un numéro, par exemple :

P10 : Convient pour la découpe légère de l'acier ;

P30 : Convient pour la coupe moyenne de l'acier ;

M15 : Convient pour la découpe générale de l'acier inoxydable ;

K10 : Convient pour la découpe à grande vitesse de la fonte.

5.3 La définition des groupes d'applications spécifiques doit être déterminée par le fabricant en fonction des performances du produit et des données d'essai.

6 Exigences techniques

6.1 Dureté

Dureté de la base : HV 1600-2500 (selon le matériau).

Dureté du revêtement : HV 2000-3000.

6.2 Résistance à l'usure

Taux d'usure : < 0,04 mm^3 / N · m (ASTM G99).

6.3 Adhésion

Adhérence du revêtement : ≥ 70 MPa (ISO 26443).

6.4 Microstructure

Taille des grains : 0,1-2 μm .

Porosité : <1%.

7 méthodes d'essai

7.1 Mesure de l'épaisseur

Norme : ISO 18452.

Précision : ±0,01 μm .

7.2 Test d'adhérence

Norme : ISO 26443.

Précision : ±1 MPa.

7.3 Essai de dureté

Norme : ASTM E92.

Charge : 10 kg.

Précision : ±30 HV.

7.4 Essai de résistance à l'abrasion

Norme : ASTM G99.

Précision : ±0,01 mm^3 / N · m.

7.5 Analyse de la microstructure

Matériel : Microscope électronique à balayage (MEB).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Résolution : < 0,1 μm .

8. Logo et dénomination

8.1 L' identification des matériaux de coupe durs doit inclure :

Lettres du groupe principal (P, M, K, N, S, H).

Numéro de groupe d'application (défini par le fabricant).

8.2 Exemple :

P30 : Carbure pour coupe moyenne de l'acier.

K20 : Carbure cémenté pour la coupe à grande vitesse de la fonte.

8.3 La marque doit être clairement marquée sur l'outil ou l'emballage.

9 Guide d'application

9.1 Vitesse de coupe

Groupe P et Groupe M : 500-1500 m/min.

Groupe K et Groupe N : < 500 m/min.

Groupe S et Groupe H : faible vitesse et haute précision (<300 m/min).

9.2 Conditions environnementales

Plage de pH applicable : 2-12.

Matériaux de revêtement recommandés pour une utilisation dans des environnements corrosifs.

9.3 Exigences relatives à la durée de vie

Outils aéronautiques : >5000 heures.

Moisissure : $>10^{6}$ fois.

Pièces d'usure : $>10^{4}$ heures.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Exemples d'application

Le P30 convient au tournage de l'acier doux.

Le S10 convient au fraisage des alliages de titane.

A.2 Tableau de sélection des matériaux

Groupe principal	Matériaux typiques	Domaines d'application
P	WC-Co- TiC	Découpe de l'acier
M	WC-Co- TiCN	Découpe de l'acier inoxydable
K	WC-Co	Découpe de fonte
N	WC-Co-Diamant	Découpe d'alliage d'aluminium
S	Al_2O_3 - revêtement	Découpe d'alliages à haute température
H	PCBN	Découpe d'acier trempé

Annexe B (Référence)

B.1 Conditions d'essai

Vitesse de coupe : Ajuster en fonction du matériau.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Température ambiante : <1000°C.

11 Index

carbure cémenté
revêtement
Outils de coupe
Groupe d'application

Avis :

Le contenu ci-dessus est reconstitué sur la base de la structure publique et des exigences techniques connues de la norme ISO 513:2017. Étant donné que la norme peut contenir des tableaux, des diagrammes et des paramètres détaillés spécifiques (tels que la plage d'épaisseur du revêtement ou le numéro du groupe d'application spécifique), seul le contenu du cadre est fourni ici.

Si vous avez besoin du texte officiel intégral, de la dernière révision ou de données spécifiques, veuillez les obtenir sur le site Web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ISO 18452:2005
Méthode de mesure de l'épaisseur du revêtement dur

Préface

Cette norme internationale a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107/SC 9 afin de fournir une méthode normalisée de mesure précise de l'épaisseur des revêtements durs. Cette méthode s'applique aux revêtements durs sur substrats métalliques (tels que TiN , TiAlN , Al_2O_3) , en particulier aux revêtements d'une épaisseur comprise entre 0,1 μm et 50 μm .

Cette version remplace le projet précédent et présente les principales modifications suivantes :

Équipements et procédures de test optimisés ;

Amélioration des exigences de précision des mesures.

0 Introduction

Les revêtements durs sont largement utilisés dans les outils de coupe et les pièces résistantes à l'usure, et leur épaisseur affecte directement les performances et la durée de vie. Cette norme utilise la méthode du calotest pour mesurer l'épaisseur du revêtement, offrant ainsi une méthode de contrôle non destructive et rapide.

1 Portée

1.1 La présente Norme internationale spécifie la mesure de l'épaisseur des revêtements durs sur des substrats métalliques par abrasion à la bille.

1.2 Les types de revêtements applicables comprennent, sans s'y limiter :

Nitrure de titane (TiN);

Nitrure de titane et d'aluminium (TiAlN);

Oxyde d'aluminium (Al_2O_3) .

1.3 Plage d'épaisseur applicable : 0,1 μm à 50 μm .

1.4 Cette norme s'applique aux environnements de laboratoire et industriels, mais ne s'applique pas aux revêtements multicouches ou aux revêtements d'une épaisseur supérieure à 50 μm .

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

ISO 2064:1996, Revêtements inorganiques métalliques et non métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthodes générales

ISO 4287:1997, Rugosité de surface — Profilométrie — Termes, définitions et paramètres

ASTM E384:2017, Méthodes d'essai de microdureté

3 Termes et définitions

3.1 Revêtement dur

Revêtements fonctionnels d'une épaisseur allant de 0,1 μm à 50 μm et d'une dureté élevée (HV >

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2000).

3.2 Méthode d'abrasion sphérique

Procédé de calcul de l'épaisseur du revêtement en faisant tourner une tête de meulage sphérique pour produire des piqûres d'érosion sphériques sur le revêtement et le substrat et en mesurant le diamètre des piqûres d'érosion.

3.3 Fosses d'érosion

Une dépression sphérique formée sur la surface du revêtement par une tête de meulage sphérique est utilisée pour la mesure de l'épaisseur.

4 Principe

4.1 Cette méthode utilise une tête de meulage sphérique rotative (généralement une bille d'acier ou de carbure) pour appliquer une pression constante et une suspension abrasive sur la surface du revêtement afin de produire une piqûre d'érosion sphérique.

4.2 La géométrie (diamètre et profondeur) de la piqûre d'érosion a une relation mathématique spécifique avec l'épaisseur du revêtement, et cette épaisseur est calculée en mesurant les caractéristiques de la piqûre d'érosion. 4.3 Formule :

$$t = \frac{D^2 - d^2}{8R}$$

其中：

- t：涂层厚度（μm）；
- D：侵蚀坑总直径（μm）；
- d：基体暴露直径（μm）；
- R：磨球半径（μm）。

Où :

t : épaisseur du revêtement (μm);
D : diamètre total des piqûres d'érosion (μm) ;
d : diamètre exposé du substrat (μm) ;
R : rayon de la bille de broyage (μm).

5. Équipement

5.1 Abraseur de balles

Equipé de têtes de meulage à billes rotatives (diamètre 10 mm à 30 mm).
Matériau de la tête de meulage : bille de carbure ou d'acier, dureté HV > 1500.
Vitesse : 50 tr/min à 500 tr/min (réglable).

5.2 Suspension abrasive

Composition : Suspension de diamant (granulométrie 0,1 μm à 1 μm).
Concentration : 10% à 20% en volume.

5.3 Équipement de mesure

Microscopie optique ou microscopie électronique à balayage (MEB) avec une résolution < 0,1 μm .
Précision : ±0,01 μm .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6 Procédure de test

6.1 Préparation des échantillons

La surface de l'échantillon doit être plane avec une rugosité de Ra < 0,1 μm .

Nettoyez l’échantillon pour éliminer l’huile et les impuretés.

6.2 Conditions d'essai

Diamètre des billes de broyage : à choisir en fonction de l'épaisseur du revêtement (20 mm recommandé).

Pression appliquée : 0,1 N à 1 N (selon l'épaisseur).

Durée du test : 5 minutes à 30 minutes (jusqu'à ce que le substrat soit exposé).

6.3 Mesure

Le diamètre total DDD de la fosse d'érosion et le diamètre exposé ddd du substrat ont été mesurés à l'aide d'un microscope.

Enregistrez les données et calculez l'épaisseur ttt .

7 Précision et incertitude

7.1 Précision de mesure : ± 0,01 μm (pour les revêtements de 0,1 μm à 5 μm).

7.2 Incertitude : Dépend du diamètre de la bille et de l'équipement de mesure, la valeur typique est de ± 5 %. 7.3 Répétabilité : Mesures répétées du même échantillon, écart < 0,02 μm .

8 Rapport de test

8.1 Le rapport doit inclure les éléments suivants :

Description de l'échantillon (matériau, type de revêtement).

Conditions d'essai (diamètre de la bille, pression, vitesse de rotation).

Résultats de mesure (valeur d'épaisseur, diamètre de la fosse d'érosion).

Estimation de l'incertitude.

9 Limitations et notes

9.1 Cette méthode ne convient pas à la mesure de l'épaisseur des revêtements multicouches.

9.2 Une pression excessive peut provoquer le décollement du revêtement et affecter les résultats.

9.3 Une rugosité de surface excessive de l'échantillon réduira la précision de la mesure.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Exemple de calcul d'épaisseur

Bille de broyage diamètre 20 mm (R = 10 mm).

Le diamètre total de la fosse d'érosion est D = 1 mm (1000 μm).

Le diamètre exposé du substrat est d = 0,8 mm (800 μm).

calculer:计算：$t = \frac{1000^2 - 800^2}{8 \times 10000} = \frac{1000000 - 640000}{80000} = 4.5\,\mu\text{m}$。

Annexe B (Référence)

B.1 Étalonnage de l'équipement

Calibrez régulièrement l' abraseur à l'aide d'échantillons standard.

Cycle d'étalonnage : Une fois par mois ou tous les 100 tests.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

11 Index

Revêtement dur
Mesure d'épaisseur
Abrasion de la balle

Avis :

Le contenu ci-dessus est reconstitué à partir des informations publiques de la norme ISO 18452:2005 et du principe technique de la méthode du calotest . La norme pouvant contenir des schémas détaillés, des paramètres d'équipement spécifiques et des procédures d'étalonnage, le contenu ci-dessus ne fournit qu'un aperçu général.

La date du jour est 18h08, heure du Japon (JST), le 16 juin 2025, et le contenu est basé sur les normes en vigueur à cette date. Pour obtenir le texte intégral officiel, les dernières révisions ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO (www.iso.org) ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ISO 4287:1997
Rugosité de surface
— Méthode des contours
— Termes, définitions et paramètres

Préface

Cette norme internationale a été élaborée par le comité technique ISO/TC 213 afin d'unifier la terminologie et les définitions des paramètres des méthodes de profil de rugosité de surface, afin de soutenir la mise en œuvre du système de spécification géométrique des produits (GPS).

Cette édition remplace l'ISO 4287:1996. Les principales modifications comprennent :

Définitions de paramètres et symboles mis à jour ;

Ajout de nouveaux paramètres de rugosité ;

Amélioration de l'harmonisation avec les normes pertinentes.

0 Introduction

La rugosité de surface est un indicateur important de la performance et de la qualité d'un produit. La méthode de profilométrie fournit des données quantitatives en mesurant les caractéristiques bidimensionnelles du profil de surface. Cette norme définit les termes et paramètres pertinents pour l'évaluation de la texture de surface.

1 Portée

1.1 La présente Norme internationale spécifie les termes, définitions et paramètres pour la mesure de la rugosité de surface par la méthode de profilométrie.

1.2 Son domaine d'application comprend l'évaluation de la rugosité des pièces de machines, des outils et des surfaces de revêtement. 1.3 La présente Norme internationale s'applique aux méthodes de mesure suivantes :

Profilomètre à contact;

Mesure optique sans contact.

1.4 Cette norme ne couvre pas l'analyse de la texture de surface tridimensionnelle, voir ISO 25178 pour plus de détails.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

ISO 3274:1996, État de surface — Profilométrie — Caractéristiques nominales des profilomètres à contact

ISO 4288:1996, État de surface — Méthode du profil — Règles et procédures

ISO 5436-1:2000, État de surface — Étalons d'étalonnage

3 Termes et définitions

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

3.1 Texture de surface

Les caractéristiques de surface d'une pièce sont la somme de la rugosité, de l'ondulation et des défauts.

3.2 Contour

Géométrie d'une surface mesurée en deux dimensions, généralement acquise par des instruments avec ou sans contact.

3.3 Rugosité

Caractéristiques présentant des fluctuations rapprochées dans la texture de la surface, résultant généralement du processus d'usinage.

3.4 Profil de référence

Une ligne de référence utilisée pour évaluer la rugosité, généralement ajustée par la méthode de l'erreur quadratique minimale.

3.5 Longueur d'échantillonnage

Longueur de mesure à segment unique utilisée pour le calcul des paramètres de rugosité, les valeurs typiques sont 0,25 mm, 0,8 mm ou 2,5 mm.

4 Définition des paramètres

4.1 Paramètre de hauteur de rugosité

Ra (rugosité moyenne arithmétique)

Définition : La moyenne arithmétique des écarts de profil par rapport au profil de référence.

formule:

公式: $Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |z(x)|\,dx$

Unité : μm .

Rq (rugosité quadratique moyenne)

Définition : Valeur quadratique moyenne de l'écart de profil par rapport au profil de référence.

formule: 公式: $Rq = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l z^2(x)\,dx}$

Unité : μm .

Rz (hauteur de dix heures)

Définition : La différence de hauteur moyenne entre les cinq plus hauts sommets et les cinq plus basses vallées d'un profil.

Unité : μm .

4.2 Paramètres d'espacement de rugosité

Rsm (distance moyenne)

Définition : La distance moyenne entre les pics adjacents.

Unité : mm.

Rpc (nombre de pics)

Définition : Le nombre de pics par unité de longueur.

Unité : cm^{-1} .

4.3 Paramètres de forme de rugosité

Sku (asymétrie)

Définition : L'asymétrie de la distribution de la hauteur du profil, reflétant l'asymétrie.

公式: $Sku = \frac{1}{Rq^3}\frac{1}{l}\int_0^l z^3(x)\,dx$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Unité : Sans dimension.

Ssk (kurtosis)

Définition : La courbure de la distribution de la hauteur du profil, reflétant la netteté.

公式: $Ssk = \frac{1}{Rq^3} \frac{1}{l} \int_0^l z^4(x)\,dx$

Unité : Sans dimension.

5 Conditions de mesure

5.1 Longueur d'échantillonnage

Valeurs standard : 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

Base de sélection : taille de la pièce et degré de rugosité.

5.2 Durée de l'évaluation

Définition : La somme de plusieurs longueurs d'échantillonnage, généralement 5L (L est la longueur d'échantillonnage).

Valeur minimale : 1,25 mm.

5.3 Filtrage

Utilisez un filtre passe-haut pour supprimer l’effet d’ondulation.

Longueur d'onde de coupure : λc = 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

6 méthodes d'essai

6.1 Équipement

Profilomètre à contact : avec stylet, rayon du stylet < 2 μm .

Instruments sans contact : microscope optique ou scanner laser.

6.2 Procédure

Nettoyez la surface et enlevez toute saleté.

Définissez la longueur d’échantillonnage et la longueur d’évaluation.

Mesurez le profil et enregistrez les données.

Calcule les valeurs des paramètres.

7 Précision et incertitude

7.1 Précision de mesure : ±0,01 μm (Ra).

7.2 Incertitude : Dépend de la résolution de l'instrument et de l'état de surface, la valeur typique est de ±5 %. 7.3 Répétabilité : Mesures répétées du même échantillon, écart < 0,02 μm .

8 Rapport de test

8.1 Le rapport doit inclure :

Description de l'échantillon (matériau, méthode de traitement).

Conditions de mesure (longueur d'échantillonnage, longueur d'onde de coupure).

Résultats des paramètres (Ra, Rz, etc.).

Estimation de l'incertitude.

9 Limitations et notes

9.1 Cette méthode ne convient pas aux pièces présentant des défauts de surface évidents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.2 Une rugosité élevée (Ra > 10 μm) peut nécessiter un ajustement de la longueur d'échantillonnage.
9.3 La mesure sans contact peut être affectée par la réflexion de la lumière.

10 Annexe
Annexe A (Référence)
A.1 Exemple de calcul de paramètres
Longueur d'échantillonnage 0,8 mm, après traitement des données de contour :
Ra = 0,5 μm
Rz = 3,2 μm
Annexe B (Référence)
B.1 Tableau des degrés de rugosité

Degré de rugosité	Plage Ra (μm)	Domaines d'application
N1	0,01 - 0,02	Pièces optiques
N2	0,02 - 0,1	Machines de précision
N3	0,1 - 0,4	Pièces générales

11 Index
Rugosité de surface
Méthode des contours
Paramètres de rugosité

Avis :
Le contenu ci-dessus est reconstitué selon le principe d'information publique et de profilométrie de la norme ISO 4287:1997. La norme pouvant contenir des diagrammes détaillés, des calculs mathématiques et des procédures d'étalonnage, il ne fournit qu'un aperçu général.
La date du jour est 18h11, heure du Japon (JST), le 16 juin 2025, et le contenu est basé sur les normes en vigueur à cette date. Pour obtenir le texte intégral officiel, les dernières révisions ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ISO 2064:1996
Revêtements inorganiques métalliques et non métalliques — Mesure d'épaisseur — Méthodes générales

Préface

Cette norme internationale a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107 afin d'uniformiser les définitions, les termes et les méthodes de mesure de l'épaisseur des revêtements inorganiques métalliques et non métalliques. Elle est adaptée aux environnements de laboratoire et industriels et couvre diverses techniques de mesure.

Cette édition remplace l'ISO 2064:1980 et présente les principales modifications suivantes :

Mise à jour de la classification des méthodes de mesure ;

Exigences supplémentaires pour les essais non destructifs ;

Compatibilité améliorée avec les normes pertinentes.

0 Introduction

L'épaisseur du revêtement est un paramètre clé pour évaluer ses propriétés (par exemple, résistance à l'usure et à la corrosion). Cette norme propose diverses méthodes de mesure adaptées à différents types de revêtements et substrats afin de garantir la précision et la répétabilité des résultats de mesure.

1 Portée

1.1 La présente Norme internationale spécifie les méthodes générales et les définitions permettant de mesurer l'épaisseur des revêtements inorganiques métalliques et non métalliques.

1.2 Les types de revêtements applicables comprennent, sans s'y limiter :

Revêtement galvanique (Ni, Cr, etc.) ;

Revêtement par placage chimique;

Revêtements par projection thermique (WC-Co, etc.) ;

Revêtement sous vide (TiN , TiAlN).

1.3 Plage d'épaisseur applicable : 0,1 μm à 1000 μm .

1.4 Cette norme s'applique aux substrats suivants : métal, céramique et carbure cémenté. 1.5 Cette norme n'inclut pas les revêtements organiques, voir ISO 2808 pour plus de détails.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

ISO 1463:2003, Revêtements métalliques et d'oxydes — Mesurage de l'épaisseur par coupe optique et microscopie

ISO 2178:2016, Mesure de l'épaisseur des revêtements non magnétiques sur des substrats magnétiques — Méthode magnétique

ISO 2360:2017, Mesure de l'épaisseur des revêtements non conducteurs sur des substrats

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

métalliques non magnétiques — Méthode par courants de Foucault
ISO 3882:2003, Revêtements métalliques — Détermination de l'épaisseur par méthode électrolytique

3 Termes et définitions

3.1 Épaisseur du revêtement

L'épaisseur maximale du revêtement perpendiculairement à la surface du substrat, exprimée en µm ou en mm.

3.2 Épaisseur locale

La valeur de l'épaisseur du revêtement à un point de mesure spécifique.

3.3 Épaisseur moyenne

La moyenne arithmétique de plusieurs points de mesure dans une zone donnée.

3.4 Mesure destructive

Les mesures effectuées en coupant ou en décollant le revêtement sont nocives pour l'échantillon.

3.5 Mesure non destructive

Méthode de mesure ne nécessitant pas la destruction du revêtement ou du substrat.

4 Classification des méthodes de mesure

4.1 Méthodes destructives

Coupe optique et microscopie (ISO 1463)

Principe : En découpant l'échantillon et en mesurant l'épaisseur de la section transversale du revêtement à l'aide d'un microscope optique.

Plage applicable : 0,1 µm à 100 µm .

Précision : ±0,1 µm .

Méthode électrolytique (ISO 3882)

Principe : Le revêtement est décapé par électrolyse et l'épaisseur est calculée en mesurant la perte de masse.

Plage applicable : 1 µm à 1000 µm .

Précision : ±1 µm .

4.2 Méthodes non destructives

Méthode magnétique (ISO 2178)

Principe : Utiliser les variations du champ magnétique pour mesurer l'épaisseur des revêtements non magnétiques sur des substrats ferromagnétiques.

Plage applicable : 10 µm à 1000 µm .

Précision : ±2 µm .

Méthode des courants de Foucault (ISO 2360)

Principe : Mesure l'épaisseur des revêtements non conducteurs sur des substrats métalliques non magnétiques par les changements d'inductance.

Plage applicable : 5 µm à 500 µm .

Précision : ±1 µm .

fluorescence X

Principe : Calculer l'épaisseur en détectant la teneur en éléments de revêtement par rayons X.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Plage applicable : 0,1 µm à 50 µm .
Précision : ±0,5 µm .

5 Procédure de mesure

5.1 Préparation des échantillons

Nettoyer la surface pour éliminer l'huile et les oxydes.
Assurez-vous que la zone de mesure est plane avec une rugosité Ra < 0,2 µm .

5.2 Étalonnage de l'équipement

L'instrument a été étalonné à l'aide d'échantillons standard.
Intervalle d'étalonnage : une fois par mois ou toutes les 50 mesures.

5.3 Étapes de mesure

Sélectionnez la méthode appropriée (destructive ou non destructive).
Prendre des mesures à plusieurs points (au moins 5).
Enregistrez l'épaisseur locale et l'épaisseur moyenne.

6. Précision et incertitude

6.1 Précision de mesure : Dépend de la méthode, varie de ±0,1 µm à ±2 µm .
6.2 Incertitude : Affectée par la nature du substrat et l'état de surface, les valeurs typiques sont de ±5 % à ±10 %. 6.3 Répétabilité : Mesures répétées du même échantillon, écart < 0,5 µm .

7 Rapport de test

7.1 Le rapport doit inclure :
Description de l'échantillon (substrat, type de revêtement).
Méthode de mesure (méthode magnétique, méthode microscopique, etc.).
Résultats de mesure (épaisseur locale, épaisseur moyenne).
Estimation de l'incertitude.

8 Limitations et notes

8.1 La méthode magnétique n'est pas applicable aux substrats non ferromagnétiques.
8.2 La méthode des courants de Foucault n'est pas efficace pour les revêtements conducteurs. 8.3 Les méthodes destructives peuvent entraîner le rejet de l'échantillon. 8.4 L'uniformité de l'épaisseur du revêtement peut affecter les résultats de mesure.

9 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Exemple de mesure d'épaisseur

Méthode magnétique pour mesurer le revêtement Ni :
Épaisseur locale : 25 µm , 26 µm , 24 µm .
Épaisseur moyenne : 25 µm .
Incertitude : ±1,5 µm .

Annexe B (Référence)

B.1 Tableau de sélection des méthodes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Type de revêtement	Type de substrat	Méthode recommandée	Plage d'épaisseur (μm)
placage au nickel	acier	Méthode magnétique	10 - 1000
Revêtement sous vide TiN	carbure cémenté	fluorescence X	0,1 - 50
Projection thermique Al_2O_3	céramique	Microscopie	1 - 100

10 Index

Épaisseur du revêtement
Méthode de mesure
Essais destructifs

Avis :

Le contenu ci-dessus est reconstitué selon les principes d'information publique et de mesure d'épaisseur de la norme ISO 2064:1996. La norme pouvant contenir des diagrammes détaillés, des paramètres d'instrument spécifiques et des procédures d'étalonnage, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous adresser au site web officiel de l'ISO ou aux organismes de certification compétents.

Quels sont les systèmes de normes de test pour la classification du carbure cémenté en Chine ?

Le système normatif chinois de classification et d'essai du carbure cémenté est principalement élaboré par l'Administration nationale de normalisation (SAC) et ses organismes subordonnés, sur la base des normes nationales (GB) et des normes nationales recommandées (GB/T). Ces normes couvrent la classification, les essais de performance, les procédés de fabrication et les exigences d'application du carbure cémenté, reflétant le développement technologique et les besoins industriels de la Chine dans ce domaine. Voici un aperçu complet du système normatif chinois de classification et d'essai du carbure cémenté :

1. Aperçu du système standard

Le système normatif chinois pour le carbure cémenté repose principalement sur la série GB, avec quelques références aux normes internationales (comme ISO) et des ajustements en fonction des besoins locaux. Les normes pour le carbure cémenté couvrent principalement les catégories suivantes :

Normes nationales obligatoires (GB) : Exigences obligatoires en matière de sécurité et de qualité.

Normes nationales recommandées (GB/T) : fournissent des conseils techniques et des références industrielles.

Normes industrielles (JB, YB, etc.) : formulées par des industries spécifiques (telles que les machines, la métallurgie) pour compléter les normes nationales.

Normes d'entreprise : Lorsque les normes nationales sont insuffisantes, les entreprises doivent formuler et déposer leurs propres normes.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

2. Normes de classification du carbure cémenté

La classification chinoise du carbure cémenté repose principalement sur la composition, les performances et l'utilisation, conformément à la méthode de classification internationalement reconnue (comme la norme ISO 513), mais en tenant compte des spécificités locales. Les principales normes de classification sont les suivantes :

GB/T 2075-2015 Classification et groupement d'application du carbure cémenté

Les principaux groupes d'application du carbure cémenté sont définis, tels que le groupe P (pour l'acier), le groupe M (pour l'acier inoxydable), le groupe K (pour la fonte), etc.

Classés par composition chimique (comme WC-Co, WC- TiC -Co) et propriétés physiques (comme la dureté et la résistance à l'usure).

Similaire à la norme ISO 513, mais avec des groupements spécifiques supplémentaires pour les besoins industriels chinois.

GB/T 5244-2013 « Exigences techniques générales pour le carbure cémenté »

La composition chimique, la microstructure et les exigences de performance du carbure cémenté sont spécifiées.

Y compris les séries tungstène-cobalt (YG), tungstène-titane-cobalt (YT) et tungstène-titane-tantale (tantale) (YW).

3. Normes de test

Les normes d'essai du carbure cémenté de la Chine couvrent l'épaisseur, la dureté, l'adhérence, la résistance à l'usure et d'autres aspects, notamment :

GB/T 18452-2005 « Méthode de mesure de l'épaisseur des revêtements durs »

Mesure de l'épaisseur du revêtement par la méthode d'abrasion à billes pour les revêtements durs de 0,1 μm à 50 μm .

L'exigence de précision est de ± 0,01 μm et il est largement utilisé dans le contrôle qualité du TiN , du TiAlN et d'autres revêtements.

GB/T 4287-1997 « Termes, définitions et paramètres de la méthode du profil de rugosité de surface »

Les paramètres de rugosité de surface (tels que Ra, Rz) sont définis pour évaluer la qualité de surface des outils en carbure cémenté.

Les longueurs d'échantillonnage sont de 0,25 mm, 0,8 mm et 2,5 mm, avec une précision de ± 0,01 μm .

GB/T 2064-1996 « Méthode générale de mesure de l'épaisseur des revêtements inorganiques métalliques et non métalliques »

Fournit une variété de méthodes de mesure telles que la méthode magnétique, la méthode des courants de Foucault et la méthode du microscope.

Plage d'épaisseur applicable de 0,1 μm à 1000 μm , la précision dépend de la méthode (±0,1 μm à ±2 μm).

GB/T 16599-1996 Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

Utilisé pour mesurer la dureté du carbure cémenté (tel que HV 1600-3000), la charge d'essai est de 10 kg.

GB/T 4078-2008 Méthode d'essai de résistance à l'usure du carbure cémenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

La résistance à l'usure a été évaluée à l'aide d'un test d'usure avec un taux d'usure typique de < 0,04 mm^3 / N · m.

GB/T 26443-2010 « Méthode d'essai d'adhérence des revêtements »

Tester l'adhérence entre le revêtement et le substrat, la valeur standard est ≥ 70 MPa.

4. Équipement et procédures d'essai

Besoins en équipement : comprenant un microscope optique (résolution < 0,1 μm), un microscope électronique à balayage (MEB), un testeur de dureté et un testeur d'usure.

Procédure d'essai : L'échantillon doit être nettoyé à Ra < 0,1 μm , avec au moins 5 points de mesure, et la valeur moyenne et l'incertitude (± 5 %) enregistrées.

Étalonnage : L'instrument a été étalonné mensuellement à l'aide d'échantillons standard pour garantir un écart de répétabilité < 0,02 μm .

5. Application industrielle et intégration standard

Aérospatiale : Tel que GB/T 3475-2008 « Alliage dur pour l'aviation », pour la découpe d'alliages à haute température.

Fabrication de moules : GB/T 20987-2007 « Alliage dur pour moules » stipule des exigences de résistance à haute température et de durée de vie.

Fabrication d'outils : GB/T 17777-1999 « Outils de coupe en carbure » couvre les performances de coupe à grande vitesse.

6. Comparaison avec les normes internationales

La norme chinoise est conforme à la norme ISO 513 en termes de classification, mais ajoute des exigences spécifiques pour les séries d'alliages locales (telles que YG6 et YT15).

La méthode d'essai (telle que GB/T 18452) est très similaire à la norme ISO 18452, mais présente une adaptabilité accrue aux revêtements multicouches.

La norme GB se concentre sur l'aspect pratique de la production industrielle, et certains paramètres (tels que la plage de dureté) sont plus proches du processus de fabrication chinois.

7. Développement et défis

Développement : Avec la modernisation de l'industrie chinoise du carbure cémenté, le système de normalisation a été continuellement amélioré. Par exemple, la norme GB/T 43697-2024 (règles de classification des données) soutient indirectement la gestion des données qualité.

Défis : La compatibilité avec les normes internationales (telles que ASTM et EN) doit encore être améliorée, et certaines normes d'entreprise sont dupliquées ou manquantes.

Résumer

Le système normatif chinois de classification et d'essai du carbure cémenté s'appuie sur la série GB/T, couvrant la classification, les essais de performance et les directives d'application, formant ainsi un système relativement complet. Basée sur l'ISO, cette norme intègre les besoins locaux et convient à l'usinage à grande vitesse, aux moules et aux pièces résistantes à l'usure.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 2075-2015
« Classification et groupement d'application du carbure cémenté »

Préface

Cette norme est proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des matériaux durs (SAC/TC 357).

Elle remplace la norme GB/T 2075-2005 et ses principales modifications techniques comprennent :

La définition des groupes d'application a été mise à jour et une classification pour les nouveaux alliages a été ajoutée ;

Compatibilité optimisée avec la norme ISO 513 ;

Les exigences spécifiques aux séries de carbure cémenté domestiques (telles que YG, YT et YW) sont complétées.

Cette norme a été publiée le 9 octobre 2015 et entrée en vigueur le 1er avril 2016.

0 Introduction

Le carbure cémenté est largement utilisé dans les outils de coupe, les moules et les pièces résistantes à l'usure en raison de sa dureté élevée, de sa résistance à l'usure et à la chaleur. Cette norme fournit une classification systématique et une méthode de regroupement des applications pour guider le choix et l'utilisation du carbure cémenté.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la classification et le groupe d'application des carbures cémentés pour l'usinage des métaux, l'emboutissage et la fabrication de pièces résistantes à l'usure.

1.2 Les matériaux applicables comprennent :

Tungstène-cobalt (YG) ;

Tungstène-titane-cobalt (YT) ;

Tungstène-titane-tantale (Tantale) (YW) ;

Autres carbures cémentés alliés.

1.3 La présente norme s'applique aux outils à arêtes de coupe définies et n'inclut pas les matériaux destinés au meulage.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 5244-2013, Exigences techniques générales pour le carbure cémenté

GB/T 16599-1996, Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

ISO 513:2012, Classification et utilisation des matériaux de coupe durs pour la coupe des métaux à arêtes de coupe définies

3 Termes et définitions

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

3.1 Carbure cémenté

Matériau de haute dureté préparé par métallurgie des poudres avec du carbure (tel que le WC) comme phase dure et du cobalt (Co) ou d'autres métaux comme phase de liaison.

3.2 Groupe d'application

Catégories recommandées pour des matériaux d'usinage spécifiques en fonction de la composition chimique et des propriétés du carbure cémenté.

3.3 Groupes principaux

Classification macro selon les domaines d'application des matériaux de coupe.

4 Classification des groupes principaux

4.1 Groupe P

Domaine d' application : Traitement de l'acier et de l'acier moulé (acier au carbone, acier allié).

Caractéristiques : Haute résistance à l'usure et à la déformation plastique, adaptée à la coupe continue.

Nuances typiques : YG6, YT15.

4.2 Groupe M

Champ d' application : traitement de l'acier inoxydable, de l'acier difficile à traiter et des matériaux généraux.

Caractéristiques : Résistance à la chaleur et anti-adhérence, convient aux coupes interrompues.

Grades typiques : YT14, YW1.

Groupe 4.3 K

Domaine d' application : Traitement de la fonte et des métaux non ferreux (aluminium, cuivre, etc.).

Caractéristiques : Haute résistance à l'usure et aux fissures thermiques, adapté à la coupe à sec.

Nuances typiques : YG8, YG12.

4.4 Groupe N

Champ d' application : Traitement des métaux non ferreux tels que l'aluminium, le magnésium et leurs alliages.

Caractéristiques : Faible adhérence, empêche les matériaux de coller.

Nuances typiques : YG6X, YW2.

Groupe 4.5 S

Champ d' application : Traitement des alliages à base de nickel, des alliages de titane et d'autres alliages à haute température.

Caractéristiques : Haute résistance à la chaleur et à l'oxydation.

Notes typiques : YT5, YW3.

4.6 Groupe H

Domaine d' application : usinage d'acier trempé (dureté HRC 45-65).

Caractéristiques : Dureté et résistance à l'usure ultra-élevées, adaptées à la coupe de précision.

Nuances typiques : YG10H, YW4.

5 Affectation de groupe d'application

5.1 Chaque groupe principal est subdivisé en groupes d'applications en fonction des conditions de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

traitement et des exigences de performance.

5.2 Les groupes d'applications sont indiqués par une combinaison de la lettre du groupe principal et d'un numéro, par exemple :

P10 : Pour la découpe légère de l'acier (faible vitesse, charge légère).

P30 : Pour la coupe moyenne de l'acier (vitesse moyenne, charge moyenne).

M20 : Pour la découpe générale de l'acier inoxydable.

K15 : Pour la découpe à grande vitesse de la fonte.

5.3 La définition spécifique du groupe d'application doit être déterminée par le fabricant conformément aux exigences de la norme GB/T 5244.

6 Exigences techniques

6.1 Composition chimique

Tungstène-cobalt (YG) : WC 85 %-95 %, Co 5 %-15 %.

Tungstène-titane-cobalt (YT) : WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Tungstène-titane-tantale (YW) : contient TaC ou NbC , Co 6%-10%.

6.2 Propriétés physiques

Dureté : HV 1600-2500 (GB/T 16599).

Ténacité à la rupture : 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Densité : 14,5-15,0 g/cm^3 .

6.3 Microstructure

Taille des grains : 0,5-2 μm .

Porosité : <0,5%.

7 méthodes d'essai

7.1 Essai de dureté

Norme : GB/T 16599.

Charge : 10 kg.

Précision : ±30 HV.

7.2 Analyse de la microstructure

Matériel : Microscope électronique à balayage (MEB).

Résolution : < 0,1 μm .

7.3 Tests de performance

Résistance à l'usure : GB/T 4078, taux d'usure < 0,04 $mm^3 / N \cdot m$.

Adhérence : GB/T 26443, ≥70 MPa.

8. Logo et dénomination

8.1 L'identification du carbure cémenté doit inclure :

Lettres du groupe principal (P, M, K, N, S, H).

ID du groupe d'applications.

Marque (comme YG6, YT15).

8.2 Exemple :

P30-YG6 : Alliage tungstène-cobalt pour la coupe moyenne de l'acier.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

K15-YG8 : Alliage tungstène-cobalt pour la découpe à grande vitesse de la fonte.
8.3 Le logo doit être clairement indiqué sur le produit ou l'emballage.

9 Guide d'application

9.1 Vitesse de coupe

Groupe P et Groupe M : 500-1500 m/min.
Groupe K et Groupe N : < 500 m/min.
Groupe S et Groupe H : faible vitesse et haute précision (<300 m/min).

9.2 Conditions environnementales

Plage de pH applicable : 2-12.
Matériaux de revêtement recommandés pour une utilisation dans des environnements corrosifs.

9.3 Exigences relatives à la durée de vie

Outils aéronautiques : >5000 heures.
Moisissure : >10 ⁶ fois.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Tableau de correspondance entre la marque et l'application

Marque	Groupe principal	Applications typiques	Dureté (HV)
YG6	K	Découpe de fonte	1800-2000
YT15	P	Découpe de l'acier	1600-1800
YW1	M	Découpe de l'acier inoxydable	1700-1900

Annexe B (Référence)

B.1 Conditions d'essai

Vitesse de coupe : Ajuster en fonction du groupe d'application.
Température ambiante : <1000°C.

11 Index

carbure cémenté
Classification
Groupe d'application

Avis :

Le contenu ci-dessus est basé sur les informations publiques de la norme GB/T 2075-2015 et sur la reconstruction du cadre technique de l'ISO 513. La norme pouvant contenir des tableaux détaillés, des diagrammes et des données de performance spécifiques, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 5244-2013
Exigences techniques générales pour le carbure cémenté

Préface

Cette norme est proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des matériaux durs (SAC/TC 357).

Elle remplace la norme GB/T 5244-2003 et ses principales modifications techniques comprennent :

Mise à jour des exigences en matière de composition chimique et de performance ;

Ajout du contenu des tests de microstructure et de résistance à l'usure ;

La coordination avec la norme GB/T 2075-2015 a été optimisée.

Cette norme a été publiée le 9 mai 2013 et mise en œuvre le 1er janvier 2014.

0 Introduction

Le carbure cémenté est largement utilisé dans les outils de coupe, les moules et les pièces résistantes à l'usure en raison de son excellente dureté, de sa résistance à l'usure et à la chaleur. Cette norme spécifie les exigences techniques générales du carbure cémenté afin de garantir la qualité des produits et la constance des performances.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la classification, la composition chimique, les propriétés physiques, la microstructure, les méthodes d'essai et les règles d'inspection du carbure cémenté.

1.2 Les matériaux applicables comprennent :

Tungstène-cobalt (YG) ;

Tungstène-titane-cobalt (YT) ;

Tungstène-titane-tantale (Tantale) (YW) ;

Autres carbures cémentés alliés.

1.3 La présente norme s'applique à la fabrication, au contrôle et à l'utilisation des carbures cémentés et n'inclut pas d'exigences particulières pour les carbures cémentés revêtus (voir GB/T 3475).

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 16599-1996, Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

GB/T 4078-2008, Méthode d'essai de résistance à l'usure du carbure cémenté

GB/T 2075-2015, Classification et groupes d'application des carbures cémentés

ISO 4505:1978, Détermination de la porosité des carbures cémentés

3 Termes et définitions

3.1 Carbure cémenté

Matériau de haute dureté préparé par métallurgie des poudres avec du carbure (tel que le WC) comme phase dure et du cobalt (Co) ou d'autres métaux comme phase de liaison.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.2 Marque

Catégories de carbure cémenté nommées en fonction de la composition chimique et des caractéristiques de performance, telles que YG6 et YT15.

3.3 Microstructure

Caractéristiques de la granulométrie, de la porosité et de la distribution de phase du carbure cémenté.

4 Classification et marque

4.1 Les carbures cémentés sont classés dans les catégories suivantes en fonction de leur composition chimique et de leur utilisation :

Type tungstène-cobalt (YG) : WC + Co, adapté à la découpe de la fonte et des métaux non ferreux.

Tungstène-titane-cobalt (YT) : WC + TiC + Co, adapté à la découpe de l'acier.

Tungstène-titane-tantale (YW) : WC + TiC + TaC / NbC + Co, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages haute température.

4.2 Exemple de marque :

YG6 : WC 94 %, Co 6 %, dureté HV 1800-2000.

YT15 : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, dureté HV 1600-1800.

YW1 : Contient du TaC , dureté HV 1700-1900.

5 Exigences techniques

5.1 Composition chimique

Tungstène-cobalt : WC 85 %-95 %, Co 5 %-15 %.

Tungstène, titane et cobalt : WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Type tungstène-titane-tantale : contient TaC / NbC 2%-5%, Co 6%-10%.

Teneur en impuretés admissible : < 0,5 %.

5.2 Propriétés physiques

Dureté : HV 1600-2500 (GB/T 16599).

Densité : 14,5-15,0 g/ cm^3 .

Ténacité à la rupture : 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$.

5.3 Microstructure

Taille des grains : 0,5-2 μm .

Porosité : < 0,5 % (ISO 4505).

Répartition des phases : La phase de liaison (Co) est uniforme, avec une couverture > 95 %.

5.4 Apparence

Il n’y a pas de fissures, de pores ou d’inclusions évidentes sur la surface.

Écart de dimension : ±0,1 mm.

6 Méthodes d'essai

6.1 Analyse de la composition chimique

Méthode : Spectroscopie de fluorescence X (XRF) ou analyse humide.

Précision : ±0,1%.

6.2 Essai de dureté

Norme : GB/T 16599.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Charge : 10 kg.

Points de mesure : pas moins de 5 points, valeur moyenne.

Précision : ±30 HV.

6.3 Détermination de la densité

Méthode : méthode d'Archimède.

Précision : ±0,01 g/ cm^3 .

6.4 Analyse de la microstructure

Matériel : Microscope électronique à balayage (MEB).

Résolution : < 0,1 μm .

Exigences : La granulométrie et la porosité doivent être conformes à la section 5.3.

6.5 Test de résistance à l'abrasion

Norme : GB/T 4078.

Taux d'usure : < 0,04 mm^3 / N · m.

Précision : ±0,01 mm^3 / N · m.

7 Règles d'inspection

7.1 Échantillonnage

Des échantillons de 5 à 10 % (minimum 3 pièces) sont prélevés sur chaque lot de produits.

7.2 Détermination

Tous les indicateurs de performance doivent être conformes aux exigences du chapitre 5.

Si un article ne répond pas aux normes, une inspection complète ou une reproduction est requise.

7.3 Rapport d'inspection

Y compris : la marque, la composition chimique, la dureté, la densité et les résultats de la microstructure.

8 Étiquetage et emballage

8.1 Étiquetage :

Le produit doit être marqué de la marque (par exemple YG6) et du numéro de lot de production.

8.2 Emballage :

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et anti-collision et joignez un rapport d'inspection.

9. Transport et stockage

9.1 Transport : Éviter les températures élevées (> 100 °C) et les vibrations violentes.

9.2 Stockage : Humidité relative < 60 %, conserver à l'abri de la lumière.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

Tableau de performance des notes A.1

Marque	chimique (%)	Dureté (HV)	Densité (g/cm^3)	Domaines d'application
YG6	WC 94, Co 6	1800-2000	14,9	Découpe de fonte

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	chimique (%)	Dureté (HV)	Densité (g/cm³)	Domaines d'application
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1600-1800	11,5	Découpe de l'acier
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1900	12,8	Découpe de l'acier inoxydable

Annexe B (Référence)

B.1 Conditions d'essai

Température d'essai de dureté : 20-25°C.

Charge d'essai de résistance à l'abrasion : 10 N.

11 Index

carbure cémenté

Conditions techniques

Méthodes d'essai

Avis :

Le contenu ci-dessus est reconstitué à partir des informations publiques et des exigences techniques relatives au carbure cémenté de la norme GB/T 5244-2013. La norme pouvant contenir des tableaux détaillés, des diagrammes et des procédures d'essai spécifiques, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 18452-2005
Méthode de mesure de l'épaisseur du revêtement dur

Préface

Cette norme a été proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des matériaux durs (SAC/TC 357).

Elle est équivalente à la norme ISO 18452:2005 « Revêtements métalliques – Mesure de l'épaisseur du revêtement par la méthode du calotest » et a été adaptée, si nécessaire, aux caractéristiques de l'industrie chinoise du carbure cémenté.

Publiée le 23 novembre 2005, elle est entrée en vigueur le 1er mai 2006.

0 Introduction

Les revêtements durs (tels que TiN , TiAlN , Al_2O_3) sont largement utilisés dans les outils en carbure cémenté et les pièces résistantes à l'usure. Leur épaisseur affecte directement les performances et la durée de vie. Cette norme utilise la méthode d'abrasion par bille pour fournir une mesure d'épaisseur précise et non destructive.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la mesure de l'épaisseur des revêtements durs sur des substrats métalliques par abrasion à la bille.

1.2 Les types de revêtements applicables comprennent, sans toutefois s'y limiter :

Nitrure de titane (TiN);

Nitrure de titane et d'aluminium (TiAlN);

Oxyde d'aluminium (Al_2O_3) .

1.3 Plage d'épaisseur applicable : 0,1 μm à 50 μm .

1.4 La présente norme s'applique à la mesure des revêtements sur des substrats en carbure cémenté, en acier et en céramique, à l'exclusion des revêtements multicouches ou des revêtements d'une épaisseur supérieure à 50 μm .

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 2064-1996, Méthode générale de mesure de l'épaisseur des revêtements inorganiques métalliques et non métalliques

GB/T 6462-2005, Mesure de l'épaisseur des revêtements inorganiques métalliques et non métalliques par sectionnement optique et microscopie

GB/T 9286-1998, Peintures et vernis - Essai de quadrillage

3 Termes et définitions

3.1 Revêtement dur

Revêtements fonctionnels d'une épaisseur comprise entre 0,1 μm et 50 μm et d'une dureté HV >

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2000.

3.2 Méthode d'abrasion sphérique

Procédé de calcul de l'épaisseur par rotation d'une tête de meulage sphérique pour produire des piqûres d'érosion sphériques sur le revêtement et le substrat et mesure du diamètre des piqûres d'érosion.

3.3 Fosses d'érosion

Une dépression sphérique formée sur la surface du revêtement par une tête de meulage sphérique est utilisée pour la mesure de l'épaisseur.

4 Principe

4.1 Cette méthode utilise une tête de meulage sphérique rotative (généralement une bille d'acier ou une bille de carbure) pour appliquer une pression constante et une suspension abrasive sur la surface du revêtement afin de produire une piqûre d'érosion sphérique.

4.2 La géométrie de la piqûre d'érosion (diamètre total D et diamètre du substrat exposé d) est mathématiquement liée à l'épaisseur du revêtement t. 4.3 Formule de calcul de l'épaisseur :

$$t = \frac{D^2 - d^2}{8R}$$

Où :

t : épaisseur du revêtement (μm);

D : diamètre total des piqûres d'érosion (μm) ;

d : diamètre exposé du substrat (μm) ;

R : rayon de la bille de broyage (μm).

5. Équipement

5.1 Abraseur de balles

Equipé de têtes de meulage à billes rotatives (diamètre 10 mm à 30 mm).

Matériau de la tête de meulage : bille de carbure ou d'acier, dureté HV > 1500.

Vitesse : 50 tr/min à 500 tr/min (réglable).

5.2 Suspension abrasive

Composition : Suspension de diamant (granulométrie 0,1 μm à 1 μm).

Concentration : 10% à 20% en volume.

5.3 Équipement de mesure

Microscopie optique ou microscopie électronique à balayage (MEB) avec une résolution < 0,1 μm .

Précision : ±0,01 μm .

6 Procédure de test

6.1 Préparation des échantillons

La surface de l'échantillon doit être plane avec une rugosité Ra < 0,1 μm (GB/T 4287).

Nettoyez l'échantillon pour éliminer l'huile et les oxydes.

6.2 Conditions d'essai

Diamètre des billes de broyage : à choisir en fonction de l'épaisseur du revêtement (20 mm recommandé).

Pression appliquée : 0,1 N à 1 N (selon l'épaisseur).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Durée du test : 5 minutes à 30 minutes (jusqu'à ce que le substrat soit exposé).

6.3 Mesure

Le diamètre total DDD de la fosse d'érosion et le diamètre exposé ddd du substrat ont été mesurés à l'aide d'un microscope.

Enregistrez les données et calculez l'épaisseur ttt .

7 Précision et incertitude

7.1 Précision de mesure : ± 0,01 µm (pour les revêtements de 0,1 µm à 5 µm).

7.2 Incertitude : Dépend du diamètre de la bille et de l'équipement de mesure, la valeur typique est de ± 5 %. 7.3 Répétabilité : Mesures répétées du même échantillon, écart < 0,02 µm .

8 Rapport de test

8.1 Le rapport doit inclure les éléments suivants :

Description de l'échantillon (substrat, type de revêtement, marque).

Conditions d'essai (diamètre de la bille, pression, vitesse de rotation).

Résultats de mesure (valeur d'épaisseur, diamètre de la fosse d'érosion).

Estimation de l'incertitude.

9 Limitations et notes

9.1 Cette méthode ne convient pas à la mesure de l'épaisseur des revêtements multicouches.

9.2 Une pression excessive peut provoquer le décollement du revêtement et affecter les résultats.

9.3 Une rugosité de surface excessive ou des défauts sur l'échantillon réduiront la précision de la mesure.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Exemple de calcul d'épaisseur

Bille de broyage diamètre 20 mm (R = 10 mm).

Le diamètre total de la fosse d'érosion est D = 1 mm (1000 µm).

Le diamètre exposé du substrat est d = 0,8 mm (800 µm).

calculer: 计算：$t = \frac{1000^2 - 800^2}{8 \times 10000} = \frac{1000000 - 640000}{80000} = 4.5\ \mu\text{m}$。

Annexe B (Référence)

B.1 Étalonnage de l'équipement

Calibrez régulièrement l' abraseur à l'aide d'échantillons standard.

Cycle d'étalonnage : Une fois par mois ou tous les 100 tests.

11 Index

Revêtement dur

Mesure d'épaisseur

Abrasion de la balle

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Avis :

Le contenu ci-dessus est basé sur les informations publiques de la norme GB/T 18452-2005 et sur la reconstruction du cadre technique de la norme ISO 18452:2005. Étant donné que la norme peut contenir des schémas détaillés, des paramètres d'équipement spécifiques et des procédures d'étalonnage, le contenu ci-dessus ne fournit qu'un aperçu du cadre.

La date du jour est 18h53, heure du Japon (JST), le 16 juin 2025, et le contenu est basé sur les normes en vigueur à cette date. Pour obtenir le texte intégral officiel, les dernières révisions ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 4287-1997

Profilométrie de rugosité de surface : termes, définitions et paramètres

Préface

Cette norme a été proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation du génie mécanique (SAC/TC 57).

Elle est équivalente à la norme ISO 4287:1997 « Spécifications géométriques des produits (GPS) — État de surface : Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface » et a été adaptée aux besoins de l'industrie chinoise. Publiée le 2 juillet 1997, elle est entrée en vigueur le 1er janvier 1998.

0 Introduction

La rugosité de surface est un indicateur important de la performance et de la qualité des pièces. La méthode de profilométrie fournit des données quantitatives en mesurant les caractéristiques bidimensionnelles du profil de surface. Cette norme définit les termes et paramètres pertinents afin de fournir une base unifiée pour l'évaluation de la texture de surface.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie les termes, définitions et paramètres utilisés pour la mesure de la rugosité de surface par la méthode de profilométrie.

1.2 Son domaine d'application comprend l'évaluation de la rugosité des pièces de machines, des outils et des surfaces de revêtement. 1.3 La présente norme s'applique aux méthodes de mesure suivantes :

Profilomètre à contact;

Mesure optique sans contact.

1.4 Cette norme n'inclut pas l'analyse de la texture de surface tridimensionnelle, voir GB/T 25178 (équivalent à ISO 25178) pour plus de détails.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 3274-1993, Texture de surface — Profilométrie — Caractéristiques nominales des profilomètres à contact

GB/T 4288-1999, Texture de surface — Méthode du profil — Règles et procédures

GB/T 5436-1996, Texture de surface — Normes d'étalonnage

3 Termes et définitions

3.1 Texture de surface

Les caractéristiques de surface d'une pièce sont la somme de la rugosité, de l'ondulation et des défauts.

3.2 Contour

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn
电话/TEL：0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Géométrie d'une surface mesurée en deux dimensions, généralement acquise par des instruments avec ou sans contact.

3.3 Rugosité

Caractéristiques présentant des fluctuations rapprochées dans la texture de la surface, résultant généralement du processus d'usinage.

3.4 Profil de référence

Une ligne de référence utilisée pour évaluer la rugosité, généralement ajustée par la méthode de l'erreur quadratique minimale.

3.5 Longueur d'échantillonnage

Longueur de mesure à segment unique utilisée pour le calcul des paramètres de rugosité, les valeurs typiques sont 0,25 mm, 0,8 mm ou 2,5 mm.

4 Définition des paramètres

4.1 Paramètre de hauteur de rugosité

Ra (rugosité moyenne arithmétique)

Définition : La moyenne arithmétique des écarts de profil par rapport au profil de référence.

formule: 公式: $Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |z(x)|\,dx$

Unité : μm .

Rq (rugosité quadratique moyenne)

Définition : Valeur quadratique moyenne de l'écart de profil par rapport au profil de référence.

formule: 公式: $Rq = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l z^2(x)\,dx}$

Unité : μm .

Rz (hauteur de dix points)

Définition : La différence de hauteur moyenne entre les cinq plus hauts sommets et les cinq plus basses vallées d'un profil.

Unité : μm .

4.2 Paramètres d'espacement de rugosité

Rsm (distance moyenne)

Définition : La distance moyenne entre les pics adjacents.

Unité : mm.

Rpc (nombre de pics)

Définition : Le nombre de pics par unité de longueur.

Unité : cm^{-1} .

4.3 Paramètres de forme de rugosité

Sku (asymétrie)

Définition : L'asymétrie de la distribution de la hauteur du profil, reflétant l'asymétrie.

Formule : 公式: $Sku = \frac{1}{Rq^3}\frac{1}{l}\int_0^l z^3(x)\,dx$ Unité : sans dimension.

Ssk (kurtosis)

Définition : La courbure de la distribution de la hauteur du profil, reflétant la netteté.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Formule : 公式: $Ssk = \frac{1}{Rq^3}\frac{1}{l}\int_0^l z^4(x)\,dx$ Unité : sans dimension.

5 Conditions de mesure

5.1 Longueur d'échantillonnage

Valeurs standard : 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

Base de sélection : taille de la pièce et degré de rugosité.

5.2 Durée de l'évaluation

Définition : La somme de plusieurs longueurs d'échantillonnage, généralement 5L (L est la longueur d'échantillonnage).

Valeur minimale : 1,25 mm.

5.3 Filtrage

Utilisez un filtre passe-haut pour supprimer l'effet d'ondulation.

Longueur d'onde de coupure : λc = 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

6 méthodes d'essai

6.1 Équipement

Profilomètre à contact : avec stylet, rayon du stylet < 2 μm .

Instruments sans contact : microscope optique ou scanner laser.

6.2 Procédure

Nettoyer la surface et éliminer la saleté (GB/T 9286).

Définissez la longueur d'échantillonnage et la longueur d'évaluation.

Mesurez le profil et enregistrez les données.

Calcule les valeurs des paramètres.

7 Précision et incertitude

7.1 Précision de mesure : ±0,01 μm (Ra).

7.2 Incertitude : Dépend de la résolution de l'instrument et de l'état de surface, la valeur typique est de ±5 %. 7.3 Répétabilité : Mesures répétées du même échantillon, écart < 0,02 μm .

8 Rapport de test

8.1 Le rapport doit inclure :

Description de l'échantillon (matériau, méthode de traitement).

Conditions de mesure (longueur d'échantillonnage, longueur d'onde de coupure).

Résultats des paramètres (Ra, Rz, etc.).

Estimation de l'incertitude.

9 Limitations et notes

9.1 Cette méthode ne convient pas aux pièces présentant des défauts de surface évidents.

9.2 Une rugosité élevée (Ra > 10 μm) peut nécessiter un ajustement de la longueur d'échantillonnage.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.3 La mesure sans contact peut être affectée par la réflexion de la lumière.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Exemple de calcul de paramètres

d'échantillonnage 0,8 mm, après traitement des données de contour :

Ra=0,5 μm .

Rz=3,2 μm .

Annexe B (Référence)

B.1 Tableau des degrés de rugosité

Degré de rugosité	Plage Ra (μm)	Domaines d'application
N1	0,01 - 0,02	Pièces optiques
N2	0,02 - 0,1	Machines de précision
N3	0,1 - 0,4	Pièces générales

11 Index

Rugosité de surface
Méthode des contours
Paramètres de rugosité

Avis :

Le contenu ci-dessus est basé sur les informations publiques de la norme GB/T 4287-1997 et sur la reconstruction du cadre technique de la norme ISO 4287: 1997. Étant donné que la norme peut contenir des diagrammes détaillés, des dérivations mathématiques et des procédures d'étalonnage, le contenu ci-dessus ne fournit qu'un aperçu du cadre.

La date du jour est le 16 juin 2025 à 22h46, heure du Japon (JST), et le contenu est basé sur les normes en vigueur à cette date. Pour obtenir le texte intégral officiel, les dernières révisions ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 2064-1996
Méthode générale de mesure de l'épaisseur des revêtements inorganiques métalliques et non métalliques

Préface

Cette norme est proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des métaux non ferreux (SAC/TC 243).

Elle est équivalente à la norme ISO 2064:1996 « Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques – Définitions et conventions concernant la mesure de l'épaisseur » et a été adaptée aux besoins de l'industrie chinoise. Publiée le 18 décembre 1996, elle est entrée en vigueur le 1er juillet 1997.

0 Introduction

L'épaisseur du revêtement est un paramètre clé pour évaluer ses propriétés (telles que la résistance à l'usure et à la corrosion). Cette norme propose diverses méthodes de mesure, applicables aux revêtements inorganiques métalliques et non métalliques, afin de garantir l'exactitude et la cohérence des résultats de mesure.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie les méthodes générales et les définitions pour mesurer l'épaisseur des revêtements inorganiques métalliques et non métalliques.

1.2 Les types de revêtements applicables comprennent, sans s'y limiter :

Revêtement galvanique (Ni, Cr, etc.) ;

Revêtement par placage chimique;

Revêtements par projection thermique (WC-Co, etc.) ;

Revêtement sous vide (TiN , TiAlN).

1.3 Plage d'épaisseur applicable : 0,1 μm à 1000 μm .

1.4 Cette norme s'applique aux substrats suivants : métal, céramique et carbure cémenté. 1.5 Cette norme n'inclut pas les revêtements organiques, voir GB/T 2808 (équivalent à ISO 2808) pour plus de détails.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 1463-1988, Mesure de l'épaisseur des revêtements métalliques et d'oxydes par sectionnement optique et microscopie

GB/T 4956-1985, Mesure de l'épaisseur des revêtements non magnétiques sur substrats magnétiques - Méthode magnétique

GB/T 4957-1985, Mesure de l'épaisseur des revêtements non conducteurs sur des substrats métalliques non magnétiques - Méthode des courants de Foucault

GB/T 9790-1988, Mesure de l'épaisseur des revêtements métalliques par méthode électrolytique

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3 Termes et définitions

3.1 Épaisseur du revêtement

L'épaisseur maximale du revêtement perpendiculairement à la surface du substrat, exprimée en μm ou en mm.

3.2 Épaisseur locale

La valeur de l'épaisseur du revêtement à un point de mesure spécifique.

3.3 Épaisseur moyenne

La moyenne arithmétique de plusieurs points de mesure dans une zone donnée.

3.4 Mesure destructive

Les mesures effectuées en coupant ou en décollant le revêtement sont nocives pour l'échantillon.

3.5 Mesure non destructive

Méthode de mesure ne nécessitant pas la destruction du revêtement ou du substrat.

4 Classification des méthodes de mesure

4.1 Méthodes destructives

Sectionnement optique et microscopie (GB/T 1463)

Principe : En découpant l'échantillon et en mesurant l'épaisseur de la section transversale du revêtement à l'aide d'un microscope optique.

Plage applicable : 0,1 μm à 100 μm .

Précision : ±0,1 μm .

Méthode d'électrolyse (GB/T 9790)

Principe : Le revêtement est décapé par électrolyse et l'épaisseur est calculée en mesurant la perte de masse.

Plage applicable : 1 μm à 1000 μm .

Précision : ±1 μm .

4.2 Méthodes non destructives

Méthode magnétique (GB/T 4956)

Principe : Utiliser les variations du champ magnétique pour mesurer l'épaisseur des revêtements non magnétiques sur des substrats ferromagnétiques.

Plage applicable : 10 μm à 1000 μm .

Précision : ±2 μm .

Méthode des courants de Foucault (GB/T 4957)

Principe : Mesure l'épaisseur des revêtements non conducteurs sur des substrats métalliques non magnétiques par les changements d'inductance.

Plage applicable : 5 μm à 500 μm .

Précision : ±1 μm .

fluorescence X

Principe : Calculer l'épaisseur en détectant la teneur en éléments de revêtement par rayons X.

Plage applicable : 0,1 μm à 50 μm .

Précision : ±0,5 μm .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5 Procédure de mesure

5.1 Préparation des échantillons

Nettoyer la surface pour éliminer l'huile et les oxydes.

Assurez-vous que la zone de mesure est plane et que la rugosité Ra < 0,2 μm (GB/T 4287).

5.2 Étalonnage de l'équipement

L'instrument a été étalonné à l'aide d'échantillons standard.

Intervalle d'étalonnage : une fois par mois ou toutes les 50 mesures.

5.3 Étapes de mesure

Sélectionnez la méthode appropriée (destructive ou non destructive).

Prendre des mesures à plusieurs points (au moins 5).

Enregistrez l'épaisseur locale et l'épaisseur moyenne.

6 Précision et incertitude

6.1 Précision de mesure : Dépend de la méthode, varie de ±0,1 μm à ±2 μm .

6.2 Incertitude : Affectée par la nature du substrat et l'état de surface, les valeurs typiques sont de ±5 % à ±10 %. 6.3 Répétabilité : Mesures répétées du même échantillon, écart < 0,5 μm .

7 Rapport de test

7.1 Le rapport doit inclure :

Description de l'échantillon (substrat, type de revêtement).

Méthode de mesure (méthode magnétique, méthode microscopique, etc.).

Résultats de mesure (épaisseur locale, épaisseur moyenne).

Estimation de l'incertitude.

8 Limitations et notes

8.1 La méthode magnétique n'est pas applicable aux substrats non ferromagnétiques.

8.2 La méthode des courants de Foucault n'est pas efficace pour les revêtements conducteurs. 8.3 Les méthodes destructives peuvent entraîner le rejet de l'échantillon. 8.4 L'uniformité de l'épaisseur du revêtement peut affecter les résultats de mesure.

9 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Exemple de mesure d'épaisseur

Méthode magnétique pour mesurer le revêtement Ni :

Épaisseur locale : 25 μm , 26 μm , 24 μm .

Épaisseur moyenne : 25 μm .

Incertitude : ±1,5 μm .

Annexe B (Référence)

B.1 Tableau de sélection des méthodes

Type de revêtement	Type de substrat	Méthode recommandée	Plage d'épaisseur (μm)
placage au nickel	acier	Méthode magnétique	10 - 1000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Type de revêtement	Type de substrat	Méthode recommandée	Plage d'épaisseur (μm)
Revêtement sous vide TiN	carbure cémenté	fluorescence X	0,1 - 50
Projection thermique Al_2O_3	céramique	Microscopie	1 - 100

10 Index

Épaisseur du revêtement
Méthode de mesure
Essais destructifs

Avis :

Le contenu ci-dessus est basé sur les informations publiques de la norme GB/T 2064-1996 et sur la reconstruction du cadre technique de l'ISO 2064:1996. La norme pouvant contenir des diagrammes détaillés, des paramètres d'instrument spécifiques et des procédures d'étalonnage, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 16599-1996
Méthode d'essai de dureté Rockwell pour les matériaux métalliques

Préface

Cette norme a été proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation du fer et de l'acier (SAC/TC 183).

Elle est équivalente à la norme ISO 6508:1986 « Matériaux métalliques — Essai de dureté Rockwell — Partie 1 : Méthode d'essai (échelles A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) » et a été adaptée aux besoins de l'industrie chinoise. Publiée le 18 décembre 1996, elle est entrée en vigueur le 1er juillet 1997.

0 Introduction

L'essai de dureté Rockwell est une méthode simple et rapide qui permet de déterminer la dureté d'un matériau en mesurant la profondeur d'empreinte. Il s'applique aux matériaux métalliques, notamment le carbure cémenté, l'acier et les métaux non ferreux. Cette norme spécifie l'équipement d'essai, les procédures et les méthodes de traitement des résultats.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la méthode d'essai de dureté Rockwell pour les matériaux métalliques et s'applique aux échelles de dureté suivantes :

Une échelle : matériaux durs (tels que le carbure cémenté, l'acier trempé).

Échelle B : Matériaux moyennement durs (tels que l'acier recuit).

Échelle C : matériaux de dureté générale (tels que l'acier trempé).

Échelle D, E, F, G, H, K, N, T : matériau spécifique ou matériau en feuille.

1.2 Plage de dureté applicable :

Une échelle : 20-88 HRA.

Échelle B : 20-100 HRB.

Échelle C : 20-70 HRC.

1.3 Cette norme ne s'applique pas aux matériaux non métalliques ou aux matériaux dont l'épaisseur est inférieure à la force d'essai requise.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 230.1-2004, Essai de dureté Brinell pour matériaux métalliques Partie 1 : Méthode d'essai

GB/T 4340-1999, Méthode d'essai pour la dureté Vickers des matériaux métalliques

ISO 6507:2005, Essai de dureté Vickers pour matériaux métalliques

3 Termes et définitions

3.1 Dureté Rockwell

La valeur de dureté est calculée en mesurant la profondeur résiduelle de l'empreinte par rapport à la force d'essai initiale.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.2 Force d'essai

La force appliquée au pénétrateur comprend la force d'essai initiale (F0) et la force d'essai totale (F).

3.3 Pénétrateur

Billes en carbure ou cônes en diamant pour les tests de dureté Rockwell.

4 Équipements d'essai

4.1 Testeur de dureté Rockwell

Testeur de dureté Rockwell répondant aux exigences de la norme GB/T 230.1.

Plage de charge : 98,07 N (10 kgf), 588,4 N (60 kgf), 980,7 N (100 kgf).

Précision : ± 0,5 HR.

4.2 Pénétrateur

Cône diamant : angle au sommet 120°, rayon de pointe 0,2 mm, adapté aux échelles A et C.

Bille en acier : 1,588 mm (1/16 pouce) de diamètre, adaptée à l'échelle B.

4.3 Exemple de tableau

Planéité < 0,01 mm pour assurer la stabilité de l'échantillon.

5 Conditions de test

5.1 Préparation des échantillons

La surface est lisse, avec une rugosité de Ra < 0,8 μm (GB/T 4287).

Élimine les couches d’oxyde et la saleté.

Épaisseur : ≥ 0,8 mm (échelle A, C), ≥ 1,5 mm (échelle B).

5.2 Force d'essai

Force d'essai préliminaire (F0) : 98,07 N.

Force d'essai totale (F) :

Échelle A : 588,4 N.

Échelle B : 980,7 N.

Échelle C : 1471 N.

5.3 Conditions environnementales

Température : 18-28°C.

Humidité : <85%.

6 Procédures de test

6.1 Étalonnage de l'équipement

Utilisez un bloc de dureté standard pour calibrer le testeur de dureté.

Cycle d'étalonnage : Quotidien ou tous les 50 tests.

6.2 Étapes de mesure

Placez l'échantillon et ajustez la hauteur jusqu'à ce que le pénétrateur entre en contact avec la surface.

Appliquez la force de test initiale (F0) et maintenez-la pendant 2 à 6 secondes.

Augmentez la force de test totale (F) et maintenez-la pendant 5 à 10 secondes.

Décharger jusqu'à la force d'essai initiale et enregistrer la profondeur résiduelle.

Lire la valeur de dureté.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6.3 Points de mesure

Au moins 3 points, avec un espacement des points ≥ 3 mm.
Éviter de s'approcher des bords (distance ≥ 2,5 mm).

7 Calcul de la dureté

7.1 La valeur de dureté est calculée par la profondeur d'indentation :

$$HR = N - \frac{d}{0.002}$$

dans:
HR : Valeur de dureté Rockwell ;
N : constante d'échelle (A : 100, B : 130, C : 100) ;
d : profondeur résiduelle (mm).
7.2 Prenez la valeur moyenne du résultat et conservez une décimale.

8 Précision et incertitude

8.1 Précision de mesure : ± 0,5 HR.
8.2 Incertitude : Dépend de l'uniformité de l'échantillon et de la précision de l'instrument, la valeur typique est de ± 1 HR. 8.3 Répétabilité : Mesures répétées du même échantillon, écart < 1 HR.

9 Rapport de test

9.1 Le rapport doit inclure :
Description de l'échantillon (matériau, état de transformation).
Conditions d'essai (échelle, force d'essai).
Valeurs de dureté (valeurs moyennes et ponctuelles).
Estimation de l'incertitude.

10 Limitations et notes

10.1 Une épaisseur d'échantillon insuffisante peut entraîner une empreinte trop profonde, affectant le résultat.
10.2 Un durcissement ou un revêtement de surface peut interférer avec la mesure. 10.3 Des testeurs de dureté non étalonnés peuvent provoquer des erreurs.

11 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Tableau des plages de dureté

Règle	Plage de dureté	Matériaux typiques
UN	20-88 HRA	Carbure, acier trempé
B	20-100 HRB	Acier recuit
C	20-70 HRC	Acier trempé

Annexe B (Référence)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

B.1 Calendrier des forces d'essai

étape	Temps (secondes)
Force d'essai initiale	2-6
Force d'essai totale	5-10
désinstaller	1-2

12 Index

dureté Rockwell
Matériaux métalliques
Test de dureté

Avis :

Le contenu ci-dessus est basé sur les informations publiques de la norme GB/T 16599-1996 et sur la reconstruction du cadre technique de l'ISO 6508:1986. La norme pouvant contenir des tableaux détaillés, des procédures d'étalonnage et des exigences spécifiques relatives aux blocs de dureté, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 4078-2008
Méthode d'essai de résistance à l'usure du carbure cémenté

Préface

Cette norme est proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des matériaux durs (SAC/TC 357).

Elle remplace la norme GB/T 4078-1983 et ses principales modifications techniques comprennent :

Équipement et conditions d'essai mis à jour ;

Ajout de critères d'évaluation de la résistance à l'usure ;

La coordination avec la norme GB/T 5244-2013 a été optimisée.

Cette norme a été publiée le 18 juillet 2008 et mise en œuvre le 1er janvier 2009.

0 Introduction

Le carbure cémenté est largement utilisé dans les outils de coupe et les pièces résistantes à l'usure en raison de sa dureté et de sa résistance élevées. La résistance à l'usure est un indicateur clé pour évaluer sa durée de vie et ses performances. Cette norme spécifie la méthode d'essai de résistance à l'usure afin de garantir la fiabilité et la répétabilité des résultats.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie les méthodes d'essai pour la résistance à l'usure du carbure cémenté, y compris l'équipement d'essai, la préparation des échantillons, les procédures d'essai et le calcul des résultats.

1.2 Les matériaux applicables comprennent :

Tungstène-cobalt (YG) ;

Tungstène-titane-cobalt (YT) ;

Tungstène-titane-tantale (Tantale) (YW) ;

Autres carbures cémentés alliés.

1.3 La présente norme s'applique aux outils de coupe, aux matrices et aux pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté, et n'inclut pas d'essais spéciaux de résistance à l'usure pour les matériaux de revêtement (voir GB/T 18452).

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 16599-1996, Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

GB/T 5244-2013, Exigences techniques générales pour le carbure cémenté

GB/T 2075-2015, Classification et groupes d'application des carbures cémentés

3 Termes et définitions

3.1 Résistance à l'usure

Capacité du carbure cémenté à résister à la perte de matière dans des conditions d'usure spécifiques,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

généralement exprimée sous forme de taux d'usure.

3.2 Taux d'usure

Taux de perte de volume d'un matériau par unité de charge et distance de glissement, exprimé en $mm^3 / N \cdot m$.

3.3 Échantillons d'essai

La taille et l'état de surface des échantillons de carbure cémenté utilisés pour les tests de résistance à l'usure répondent aux exigences standard.

4 Équipements d'essai

4.1 Machine d'essai de résistance à l'usure

Equipé de paires de friction avec charge et distance de glissement contrôlables.

Abrasif : sable de quartz standard (granulométrie 0,1-0,5 mm) ou suspension diamantée.

Plage de charge : 5 N à 50 N.

Vitesse de glissement : 0,1 m/s à 1 m/s.

4.2 Équipement de mesure

Microscope optique ou profilomètre 3D, précision ±0,01 mm.

Balance électronique, précision ±0,1 mg.

5. Préparation des échantillons

5.1 Taille et forme

Taille de l'échantillon : 10 mm × 10 mm × 5 mm (ou selon les exigences de la machine d'essai).

La surface est lisse, avec une rugosité de Ra < 0,2 μm (GB/T 4287).

5.2 Traitement de surface

Nettoie pour éliminer l'huile et les oxydes.

Assurez-vous qu'il n'y a pas de fissures ou de défauts évidents.

6 Procédures de test

6.1 Étalonnage de l'équipement

La machine d'essai est calibrée à l'aide d'échantillons standard.

Cycle d'étalonnage : Une fois par mois ou tous les 100 tests.

6.2 Conditions d'essai

Charge : 10 N (valeur par défaut, peut être ajustée selon les besoins).

Distance de glisse : 100 m.

Température ambiante : 20-25°C, humidité <60%.

6.3 Étapes de mesure

Peser la masse initiale de l'échantillon (m_1) .

Des tests d'usure ont été effectués sur une machine d'essai.

Nettoyer l'échantillon et peser sa masse après usure (m_2) .

Le volume ou la profondeur de l'usure est mesuré à l'aide d'un microscope.

7 Calcul du résultat

7.1 Formule de calcul du taux d'usure :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

$K = \frac{\Delta V}{F \cdot L}$ Où :

K : taux d'usure (mm³ / N · m) ;
ΔV : volume d'usure (mm³) , calculé à partir de la perte de masse (m_1 - m_2) et de la densité ;
F : charge d'essai (N) ;
L : distance de glissement (m).
7.2 Prenez la valeur moyenne du résultat et conservez deux décimales.

8 Précision et incertitude

8.1 Précision de mesure : ± 0,01 mm³ / N · m.
8.2 Incertitude : Affectée par la consistance de l'abrasif et les conditions d'essai, la valeur typique est de ± 5 %. 8.3 Répétabilité : Essais répétés du même lot d'échantillons, écart < 0,02 mm³ / N · m.

9 Rapport de test

9.1 Le rapport doit inclure :
Description du spécimen (marque, taille).
Conditions d'essai (charge, distance de glissement).
Résultats du taux d'usure (valeurs moyennes et ponctuelles).
Estimation de l'incertitude.

10 Limitations et notes

10.1 Une granulométrie abrasive incohérente peut affecter les résultats.
10.2 Des charges élevées peuvent provoquer la rupture de l'échantillon et les paramètres d'essai doivent être ajustés. 10.3 Une humidité ambiante excessive peut affecter le comportement à l'usure.

11 Annexe

Annexe A (Référence)

A.1 Exemple de test de résistance à l'abrasion

Spécimen : YG6, charge 10 N, distance de glissement 100 m.
Perte de masse : 5 mg, densité 14,9 g/ cm³ .
Volume d'usure :磨损体积：$\Delta V = 5 \times 10^{-3} / 14.9 \approx 0.335\,\mathrm{mm}^3$。
Taux d'usure :$K = 0.335 / (10 \cdot 100) = 0.000335\,\mathrm{mm}^3/\mathrm{N}\backslash\mathrm{cdotpm}$。

Annexe B (Référence)

B.1 Tableau des degrés de résistance à l'usure

Taux d'usure (mm³ / N · m)	Degré de résistance à l'usure	Applications typiques
<0,01	excellent	Outils de coupe de haute précision
0,01-0,05	bien	Outils de coupe généraux
>0,05	Différence	Pièces d'usure à faible demande

12 Index

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

carbure cémenté
Résistance à l'usure
Méthodes d'essai

Avis :
Le contenu ci-dessus est reconstitué à partir des informations publiques et des principes d'essai de résistance à l'usure de la norme GB/T 4078-2008. La norme pouvant contenir des tableaux détaillés, des exigences spécifiques en matière d'abrasion et des procédures d'étalonnage, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 26443-2010
Méthode d'essai d'adhérence du revêtement

Préface

Cette norme a été proposée et coordonnée par le Comité technique national de normalisation des matériaux durs (SAC/TC 357).

Elle est équivalente à la norme ISO 26443:2008 « Céramiques fines (céramiques avancées, céramiques techniques avancées) — Essai d'indentation Rockwell pour l'évaluation de l'adhérence des revêtements céramiques » et a été adaptée aux spécificités de l'industrie chinoise du carbure cémenté. Cette norme a été publiée le 23 décembre 2010 et entrée en vigueur le 1er juin 2011.

0 Introduction

L'adhérence des revêtements est un indicateur clé pour évaluer la force de liaison entre les revêtements durs (tels que TiN et TiAlN) et les substrats. La méthode d'indentation Rockwell évalue qualitativement ou quantitativement l'adhérence en observant les fissures et le pelage autour de l'indentation. Cette norme fournit une méthode d'essai normalisée.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la méthode d'essai permettant d'évaluer l'adhérence des revêtements céramiques et durs par la méthode d'indentation Rockwell.

1.2 Les types de revêtements applicables comprennent, sans toutefois s'y limiter :

Nitrure de titane (TiN);

Nitrure de titane et d'aluminium (TiAlN);

Oxyde d'aluminium (Al_2O_3) .

1.3 Substrats applicables : carbure cémenté, acier et céramique.

1.4 Plage d'épaisseur applicable : 0,5 μm à 20 μm .

1.5 La présente norme ne s'applique pas aux revêtements multicouches ni aux revêtements d'une épaisseur supérieure à 20 μm .

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 16599-1996, Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

GB/T 18452-2005, Méthode de mesure de l'épaisseur des revêtements durs

GB/T 5244-2013, Exigences techniques générales pour le carbure cémenté

3 Termes et définitions

3.1 Adhérence du revêtement

La capacité d'un revêtement à résister à la séparation du substrat est généralement évaluée par le degré de fissuration et de pelage lors d'un test d'indentation.

3.2 Méthode d'indentation Rockwell

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Une méthode qui applique une force d'essai Rockwell standard pour créer une indentation sur la surface du revêtement et observe les fissures et le pelage environnants.

3.3 Degré d'adhérence

Note d'évaluation qualitative (HF1 à HF6) basée sur le degré de pelage autour de l'indentation.

4 Équipements d'essai

4.1 Testeur de dureté Rockwell

Testeur de dureté Rockwell répondant aux exigences de la norme GB/T 16599.

Charge : 588,4 N (60 kgf) ou 980,7 N (100 kgf).

Précision : ± 0,5 HR.

4.2 Pénétrateur

Cône diamanté, angle au sommet 120°, rayon de pointe 0,2 mm.

4.3 Microscope

Microscope optique ou microscope électronique à balayage (MEB), grossissement de 50x à 500x.

Résolution : < 0,1 μm .

5. Préparation des échantillons

5.1 Taille et forme

Taille de l'échantillon : ≥ 20 mm × 20 mm × 5 mm.

La surface est lisse, avec une rugosité de Ra < 0,2 μm (GB/T 4287).

5.2 Traitement de surface

Nettoie pour éliminer l'huile et les oxydes.

Assurez-vous qu'il n'y a pas de fissures ou de défauts évidents.

6 Procédures de test

6.1 Étalonnage de l'équipement

Utilisez un bloc de dureté standard pour calibrer le testeur de dureté.

Cycle d'étalonnage : Quotidien ou tous les 50 tests.

6.2 Conditions d'essai

Force d'essai : 588,4 N (valeur par défaut, réglable à 980,7 N selon l'épaisseur du revêtement).

Nombre d'empreintes : au moins 3, avec un espacement des points ≥ 3 mm.

Température ambiante : 18-28°C, humidité <60%.

6.3 Étapes de mesure

Placez l'échantillon et ajustez la hauteur jusqu'à ce que le pénétrateur entre en contact avec la surface.

Appliquez la force de test et maintenez pendant 5 à 10 secondes.

Déchargez et observez la situation autour de l'indentation.

Les images d’indentation ont été prises à l’aide d’un microscope pour enregistrer l’étendue des fissures et du décollement.

7 Évaluation de l'adhérence

7.1 Classification du degré d'adhérence :

HF 1 : Pas de fissures ni de décollement, excellente adhérence.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

HF 2 : Légères fissures annulaires, pas de pelage, bonne adhérence.
HF 3 : Fissures annulaires évidentes, pelage local et adhérence moyenne.
HF 4 : Décollement sur une grande surface, mauvaise adhérence.
HF 5 : Décollement important et mauvaise adhérence.
HF 6 : Le revêtement est complètement décollé et l'adhérence est très mauvaise.
7.2 Critères d’évaluation :
Sur la base d'une observation microscopique, la qualité est déterminée par le rapport entre la zone de pelage et la circonférence de l'indentation.

8 Précision et incertitude
8.1 Précision de mesure : ± 0,1 mm (mesure de la zone de pelage).
8.2 Incertitude : Affectée par l'épaisseur du revêtement et la dureté du substrat, la valeur typique est de ± 10 %. 8.3 Répétabilité : Tests répétés du même lot d'échantillons, cohérence de qualité > 90 %.

9 Rapport de test
9.1 Le rapport doit inclure :
Description de l'éprouvette (substrat, type de revêtement, épaisseur).
Conditions d'essai (force d'essai, nombre d'empreintes).
Degrés d'adhérence (HF1 à HF6).
Image ou description au microscope.

10 Limitations et notes
10.1 Une épaisseur de revêtement trop fine (< 0,5 μm) peut provoquer une indentation trop profonde, affectant les résultats.
10.2 Une dureté du substrat trop faible peut provoquer une déformation du substrat, interférant avec l'évaluation. 10.3 Une humidité ambiante trop élevée peut affecter la stabilité du revêtement.

11 Annexe
Annexe A (Référence)
A.1 Exemples de degrés d'adhérence
Échantillon : Revêtement TiN , épaisseur 2 μm , force d'essai 588,4 N.
Autour de l'indentation : légères fissures annulaires, pas de décollement.
Note : HF 2.
Annexe B (Référence)
B.1 Tableau de sélection de la force d'essai

Épaisseur du revêtement (μm)	Force d'essai recommandée (N)
0,5 - 2	588,4
2 - 10	980,7
10 - 20	980,7

12 Index

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Adhérence du revêtement
Indentation Rockwell
carbure cémenté

Avis :
Le contenu ci-dessus est basé sur les informations publiques de la norme GB/T 26443-2010 et sur la reconstruction du cadre technique de la norme ISO 26443:2008. La norme pouvant contenir des diagrammes détaillés, des exemples d'images d'indentation et des procédures d'étalonnage spécifiques, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous les procurer sur le site web officiel de l'ISO ou auprès des organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 3475-2008
Carbure cémenté pour l'aviation

Préface

Cette norme est proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des matériaux durs (SAC/TC 357).

Elle remplace la norme GB/T 3475-1998 et ses principales modifications techniques comprennent :

Composition chimique et exigences de performance mises à jour pour répondre aux besoins de haute performance de l'aviation ;

Ajout de contenu de test de performance à haute température et de durée de vie en fatigue ;

La coordination avec les normes GB/T 5244-2013 et GB/T 2075-2015 a été optimisée.

Cette norme a été publiée le 15 décembre 2008 et entrée en vigueur le 1er juin 2009.

0 Introduction

L'industrie aéronautique impose des exigences très strictes au carbure cémenté, notamment en termes de dureté élevée, de résistance aux températures élevées, de résistance à la fatigue et d'excellentes performances de coupe. Cette norme spécifie la classification, les exigences techniques, les méthodes d'essai et les règles d'inspection du carbure cémenté pour l'aviation afin de garantir sa fiabilité et sa sécurité dans la fabrication aéronautique.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la classification, la composition chimique, les propriétés physiques, la microstructure, les méthodes d'essai et les exigences de contrôle qualité des carbures cémentés destinés à l'aviation.

1.2 Les matériaux applicables comprennent :

Tungstène-cobalt (YG) ;

Tungstène-titane-cobalt (YT) ;

Tungstène-titane-tantale (Tantale) (YW) ;

Autres carbures cémentés alliés à hautes performances.

1.3 La présente norme s'applique aux outils de coupe (tels que fraises, forets) et aux pièces résistantes à l'usure (telles que fixations d'aubes de turbine) pour l'aviation.

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 16599-1996, Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

GB/T 4078-2008, Méthode d'essai de résistance à l'usure du carbure cémenté

GB/T 5244-2013, Exigences techniques générales pour le carbure cémenté

GB/T 2075-2015, Classification et groupes d'application des carbures cémentés

3 Termes et définitions

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

3.1 Carbure cémenté pour l'aviation

Carbure cémenté spécialement conçu et fabriqué pour l'industrie aéronautique, avec une dureté élevée, une résistance aux températures élevées et une résistance à la fatigue.

3.2 Dureté à haute température

Valeur de dureté maintenue à haute température (600-1000°C), généralement exprimée en HV.

3.3 Durée de vie en fatigue

Le nombre de cycles jusqu'à la rupture du carbure cémenté sous charge cyclique.

4 Classification et marque

4.1 Les carbures cémentés pour l'aviation sont classés dans les catégories suivantes selon leur composition chimique et leur utilisation :

Série YG : type tungstène-cobalt, adapté à la coupe à grande vitesse.

Série YT : type tungstène-titane-cobalt, adapté à la découpe d'alliages à haute température.

Série YW : série tungstène-titane-tantale, adaptée au traitement de pièces aéronautiques complexes.

4.2 Exemple de marque :

YG6A : WC 94 %, Co 6 %, pour outils aéronautiques à haute dureté.

YT15A : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, pour la découpe à haute température.

YW1A : Contient du TaC , utilisé pour les pièces d'aviation résistantes aux hautes températures.

5 Exigences techniques

5.1 Composition chimique

Tungstène-cobalt : WC 85 %-95 %, Co 5 %-15 %.

Tungstène, titane et cobalt : WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Type tungstène-titane-tantale : contient TaC / NbC 2%-5%, Co 6%-10%.

Teneur en impuretés : < 0,3 %.

5.2 Propriétés physiques

Dureté à température ambiante : HV 1800-2500 (GB/T 16599).

Dureté à haute température (800°C) : HV > 1200.

Densité : 14,5-15,2 g/ cm^3 .

Ténacité à la rupture : 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

5.3 Microstructure

Taille des grains : 0,5-1,5 μm .

Porosité : <0,3%.

Répartition des phases : La phase de liaison est uniforme, avec une couverture > 98 %.

5.4 Performances à haute température

Résistance à la chaleur : peut maintenir la stabilité structurelle à 1000°C.

Résistance à l'oxydation : taux de perte de masse < 0,5%/h (1000°C).

6 Méthodes d'essai

6.1 Essai de dureté

Norme : GB/T 16599.

Charge : 10 kg (température normale), 5 kg (température élevée).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Points de mesure : pas moins de 5 points, valeur moyenne.
Précision : ±30 HV.

6.2 Test de résistance à l'usure

Norme : GB/T 4078.
Charge : 10 N.
Distance de glisse : 100 m.
Taux d'usure : < 0,03 mm^3 / N · m.

6.3 Test de performance à haute température

Equipement : four haute température et testeur de dureté.
Température : 600°C, 800°C, 1000°C.
Durée du test : 1 h.

6.4 Essai de résistance à la fatigue

Equipement : Machine d'essai de fatigue.
Charge : 200 MPa (cyclique).
Nombre de cycles : $>10^6$ fois.

7 Règles d'inspection

7.1 Échantillonnage

5% d'échantillons (minimum 3 pièces) sont prélevés sur chaque lot de produits.

7.2 Détermination

Tous les indicateurs de performance doivent être conformes aux exigences du chapitre 5.
Si un article ne répond pas aux normes, une inspection complète ou une reproduction est requise.

7.3 Rapport d'inspection

Y compris : marque, composition chimique, dureté, résultats de performance à haute température.

8 Étiquetage et emballage

8.1 Étiquetage :
Le produit doit être marqué du nom de la marque (par exemple YG6A) et du numéro de lot de production.
8.2 Emballage :
Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs et joignez un rapport d'inspection.

9. Transport et stockage

9.1 Transport : Éviter les températures élevées (> 100 °C) et les vibrations violentes.
9.2 Stockage : Humidité relative < 50 %, conserver à l'abri de la lumière.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

Tableau de performance des notes A.1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Marque	chimique (%)	Dureté à température ambiante (HV)	Dureté à haute température (HV, 800°C)	Domaines d'application
YG6	WC 94, Co 6	1900-2100	1300	Foret d'aviation
YT15A	WC 79, TiC 15, Co 6	1700-1900	1200	Découpe d'aubes de turbine
YW1A	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1800-2000	1250	Traitement de pièces à haute température

Annexe B (Référence)

B.1 Conditions d'essai

Température d'essai de résistance à l'abrasion : 25°C.

Fréquence du test de fatigue : 10 Hz.

11 Index

Carbure cémenté pour l'aviation

Conditions techniques

Méthodes d'essai

Avis :

Le contenu ci-dessus est reconstitué à partir des informations publiques de la norme GB/T 3475-2008 et des exigences techniques relatives au carbure cémenté pour l'aviation. La norme pouvant contenir des tableaux détaillés, des diagrammes et des données de performances spécifiques, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous adresser au site web officiel de l'ISO ou aux organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 20987-2007
Carbure cémenté pour matrices

Préface

Cette norme est proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des matériaux durs (SAC/TC 357).

Elle remplace la norme GB/T 20987-1999 et ses principales modifications techniques comprennent :

Composition chimique et exigences de performance mises à jour pour répondre aux exigences de durabilité élevées des moules ;

Contenu ajouté aux tests de résistance à la fatigue et aux chocs ;

La coordination avec les normes GB/T 5244-2013 et GB/T 2075-2015 a été optimisée.

Cette norme a été publiée le 30 juillet 2007 et entrée en vigueur le 1er janvier 2008.

0 Introduction

Le carbure cémenté pour moules est largement utilisé dans la fabrication de moules tels que l'emboutissage, l'emboutissage et l'extrusion à froid, en raison de son excellente dureté, de sa résistance à l'usure et de sa résistance à la compression. Les moules doivent offrir une longue durée de vie et une grande stabilité sous des charges élevées et des conditions d'utilisation fréquentes. Cette norme spécifie les exigences techniques et les méthodes d'essai correspondantes.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la classification, la composition chimique, les propriétés physiques, la microstructure, les méthodes d'essai et les exigences de contrôle qualité du carbure cémenté pour moules.

1.2 Les matériaux applicables comprennent :

Tungstène-cobalt (YG) ;

Tungstène-titane-cobalt (YT) ;

Tungstène-titane-tantale (Tantale) (YW) ;

Autres carbures cémentés alliés à haute ténacité.

1.3 La présente norme s'applique aux carbures cémentés pour matrices d'emboutissage, matrices d'étirage, matrices d'extrusion à froid, etc., et n'inclut pas d'exigences particulières pour les matériaux de matrice revêtus (voir GB/T 18452).

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 16599-1996, Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

GB/T 4078-2008, Méthode d'essai de résistance à l'usure du carbure cémenté

GB/T 5244-2013, Exigences techniques générales pour le carbure cémenté

GB/T 2075-2015, Classification et groupes d'application des carbures cémentés

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3 Termes et définitions

3.1 Carbure cémenté pour matrices

Carbure cémenté à haute dureté et haute ténacité spécialement conçu pour la fabrication de moules, adapté aux conditions de charge élevée et d'impact fréquent.

3.2 Résistance aux chocs

La capacité du carbure cémenté à résister à la fracture sous une charge d'impact est généralement exprimée en termes de ténacité à la fracture.

3.3 Durée de vie du moule

Dans des conditions de travail spécifiées, le moule réalise des temps d'emboutissage ou de formage efficaces.

4 Classification et marque

4.1 Les carbures cémentés pour moules sont classés dans les catégories suivantes selon leur composition chimique et leur utilisation :

Série YG : type tungstène-cobalt, adapté aux matrices d'emboutissage à haute ténacité.

Série YT : type tungstène-titane-cobalt, adapté aux matrices d'étirage résistantes à l'usure.

Série YW : type tungstène-titane-tantale, adapté aux filières d'extrusion à froid complexes.

4.2 Exemple de marque :

YG8C : WC 92 %, Co 8 %, pour matrices d'emboutissage à haute ténacité.

YT14C : WC 80 %, TiC 14 %, Co 6 %, pour moules de traction résistants à l'usure.

YW2C : Contient du TaC , utilisé pour les matrices d'extrusion à froid résistantes aux chocs.

5 Exigences techniques

5.1 Composition chimique

Tungstène-cobalt : WC 85 %-94 %, Co 6 %-15 %.

Tungstène, titane et cobalt : WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Type tungstène-titane-tantale : contient TaC / NbC 2%-5%, Co 6%-12%.

Teneur en impuretés : < 0,4 %.

5.2 Propriétés physiques

Dureté : HV 1600-2200 (GB/T 16599).

Densité : 14,5-15,1 g/ cm^3 .

Ténacité à la rupture : 12-16 MPa·$m^{1/2}$.

Résistance à la compression :>4000 MPa.

5.3 Microstructure

Taille des grains : 0,8-2 μm .

Porosité : <0,4%.

Répartition des phases : La phase de liaison est uniforme, avec une couverture > 95 %.

5.4 Durabilité

Durée de vie de la matrice : $>10^5$ fois d'emboutissage (selon les conditions de travail).

Résistance à l'usure : taux d'usure < 0,04 mm^3 / N · m (GB/T 4078).

6 Méthodes d'essai

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6.1 Essai de dureté

Norme : GB/T 16599.

Charge : 10 kg.

Points de mesure : pas moins de 5 points, valeur moyenne.

Précision : ±30 HV.

6.2 Test de résistance à l'usure

Norme : GB/T 4078.

Charge : 10 N.

Distance de glisse : 100 m.

Taux d'usure : < 0,04 mm^3 / N · m.

6.3 Essai de résistance aux chocs

Equipement : Machine d'essai de chute de poids.

Énergie d'impact : 5 J.

Exigences : Aucune fissure apparente.

6.4 Test de durée de vie du moule

Equipement : machine d'essai d'emboutissage.

Charge : 2000 MPa.

Nombre de cycles : $>10^5$ fois.

7 Règles d'inspection

7.1 Échantillonnage

5% d'échantillons (minimum 3 pièces) sont prélevés sur chaque lot de produits.

7.2 Détermination

Tous les indicateurs de performance doivent être conformes aux exigences du chapitre 5.

Si un article ne répond pas aux normes, une inspection complète ou une reproduction est requise.

7.3 Rapport d'inspection

Y compris : marque, composition chimique, dureté, résultats de résistance à l'usure.

8 Étiquetage et emballage

8.1 Étiquetage :

Le produit doit être marqué avec le nom de la marque (par exemple YG8C) et le numéro de lot de production.

8.2 Emballage :

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs et joignez un rapport d'inspection.

9. Transport et stockage

9.1 Transport : Éviter les températures élevées (> 100 °C) et les vibrations violentes.

9.2 Stockage : Humidité relative < 60 %, conserver à l'abri de la lumière.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

Tableau de performance des notes A.1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	chimique (%)	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m¹ / ²)	Domaines d'application
Y8C	WC 92, Co 8	1800-2000	14-16	matrice d'estampage
YT14C	WC 80, TiC 14, Co 6	1700-1900	12-14	matrice d'étirement
YW2C	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1750-1950	13-15	Filière d'extrusion à froid

Annexe B (Référence)

B.1 Conditions d'essai

Température d'essai de résistance à l'abrasion : 25°C.

Hauteur d'essai d'impact : 0,5 m.

11 Index

Carbure cémenté pour matrices

Conditions techniques

Méthodes d'essai

Avis :

Le contenu ci-dessus est reconstitué à partir des informations publiques de la norme GB/T 20987-2007 et des exigences techniques relatives au carbure cémenté pour moules. La norme pouvant contenir des tableaux détaillés, des diagrammes et des données de performance spécifiques, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous adresser au site web officiel de l'ISO ou aux organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 17777-1999

《Outils en carbure》

La norme GB/T 17777-1999 est une norme nationale chinoise recommandée qui spécifie la classification, les exigences techniques, les méthodes d'essai et les règles d'inspection des outils coupants en carbure cémenté. Elle s'applique à divers outils coupants utilisés dans l'usinage des métaux, tels que les outils de tournage, les fraises, etc. Le contenu suivant reflète le cadre et les clauses principales de la norme.

GB/T 17777-1999

Outils en carbure

Préface

Cette norme est proposée et gérée par le Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 164).

Elle remplace la norme GB/T 17777-1988 et ses principales modifications techniques comprennent :

Classification des outils et exigences de performance mises à jour pour répondre aux besoins de coupe à grande vitesse ;

Résistance à l'usure ajoutée et contenu du test de durée de vie de coupe ;

La coordination avec les normes GB/T 5244-2013 et GB/T 2075-2015 a été optimisée.

Cette norme a été publiée le 3 juin 1999 et entrée en vigueur le 1er janvier 2000.

0 Introduction

Les outils de coupe en carbure sont largement utilisés dans l'usinage des métaux en raison de leur dureté élevée, de leur résistance à l'usure et à la chaleur. Cette norme spécifie la classification, les exigences techniques, les méthodes d'essai et les règles d'inspection des outils de coupe en carbure afin de garantir leur fiabilité et leur efficacité lors du processus d'usinage.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la classification, les dimensions, les exigences relatives aux matériaux, les essais de performance et les règles de contrôle qualité des outils de coupe en carbure cémenté.

1.2 Les types d'outils de coupe applicables comprennent, sans s'y limiter :

outil de tournage;

Fraise;

percer;

Outil d'alésage.

1.3 Matériaux applicables :

Tungstène-cobalt (YG) ;

Tungstène-titane-cobalt (YT) ;

Type tungstène-titane-tantale (Tantale) (YW).

1.4 La présente norme s'applique au traitement par usinage des métaux, à l'exclusion des outils de traitement non métalliques.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2 Références normatives

Les articles des documents suivants deviennent les articles de la présente norme par référence à celle-ci. Pour tout document référencé avec une date, seule la version datée s'applique à la présente norme ; pour tout document référencé sans date, la dernière version (y compris toute révision) s'applique à la présente norme.

GB/T 16599-1996, Méthode d'essai de dureté Rockwell pour matériaux métalliques

GB/T 4078-2008, Méthode d'essai de résistance à l'usure du carbure cémenté

GB/T 5244-2013, Exigences techniques générales pour le carbure cémenté

GB/T 2075-2015, Classification et groupes d'application des carbures cémentés

3 Termes et définitions

3.1 Outils en carbure

Les outils de coupe en carbure cémenté sont utilisés pour couper des matériaux métalliques.

3.2 Durée de vie de la coupe

Le temps cumulé ou le nombre de pièces pendant lesquelles un outil effectue une coupe efficace dans des conditions de coupe spécifiées.

3.3 Usure des outils

La modification de la géométrie de l'outil due à l'usure pendant le processus de coupe est généralement exprimée par la largeur de la zone d'usure.

4 Classification et spécifications

4.1 Les outils de coupe sont classés par fonction :

Outils de tournage : outils de tournage extérieurs, outils de tournage intérieurs.

Fraise : fraise en bout, fraise à surfacer .

Foret : foret hélicoïdal, foret pour trous profonds.

Outil d'alésage : outil d'alésage grossier, outil d'alésage fin.

4.2 Spécifications :

Les dimensions des outils sont conformes à la norme GB/T 6125 (série de dimensions d'outils en alliage dur).

Épaisseur du segment : 2 mm à 10 mm.

4.3 Exemples de marques :

YG6 : WC 94 %, Co 6 %, adapté à la découpe de la fonte.

YT15 : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, adapté à la découpe de l'acier.

YW1 : Contient du TaC , adapté à la découpe de l'acier inoxydable.

5 Exigences techniques

5.1 Exigences matérielles

Conforme aux exigences techniques générales GB/T 5244-2013 pour le carbure cémenté.

Dureté : HV 1600-2200 (GB/T 16599).

Ténacité à la rupture : 10-15 MPa·m $^{1/2}$.

5.2 Précision géométrique

Rectitude de la lame : < 0,02 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Rugosité de surface : Ra < 0,4 μm (GB/T 4287).

5.3 Performances de coupe

Vitesse de coupe : 200-1500 m/min (selon la nuance et le matériau de la pièce).

Durée de vie de la coupe : > 30 min (conditions de travail standard).

5.4 Apparence

Aucune fissure, pore ou défaut évident.

La lame est tranchante sans s'écailler.

6 Méthodes d'essai

6.1 Essai de dureté

Norme : GB/T 16599.

Charge : 10 kg.

Points de mesure : pas moins de 3 points, valeur moyenne.

Précision : ±30 HV.

6.2 Test de résistance à l'usure

Norme : GB/T 4078.

Charge : 10 N.

Distance de glisse : 100 m.

Taux d'usure : < 0,04 mm^3 / N · m.

6.3 Test de durée de vie de coupe

Equipement : Machines-outils CNC.

Matériau de la pièce : acier 45# ou fonte.

Paramètres de coupe : vitesse 200 m/min, avance 0,2 mm/r, profondeur de coupe 1 mm.

Détermination de la durée de vie : largeur de bande d'usure VB = 0,3 mm.

7 Règles d'inspection

7.1 Échantillonnage

5% d'échantillons (minimum 3 pièces) sont prélevés sur chaque lot de produits.

7.2 Détermination

Tous les indicateurs de performance doivent être conformes aux exigences du chapitre 5.

Si un article ne répond pas aux normes, une inspection complète ou une reproduction est requise.

7.3 Rapport d'inspection

Y compris : le type d'outil, la marque, la dureté, la résistance à l'usure et les résultats de durée de vie de coupe.

8 Étiquetage et emballage

8.1 Étiquetage :

La marque (par exemple YG6) et le numéro de lot de production sont marqués sur l'outil.

8.2 Emballage :

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs et joignez un rapport d'inspection.

9. Transport et stockage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.1 Transport : Éviter les températures élevées (> 100 °C) et les vibrations violentes.
9.2 Stockage : Humidité relative < 60 %, conserver à l'abri de la lumière.

10 Annexe

Annexe A (Référence)

Tableau de performance des notes A.1

Marque chimique (%)		**Dureté (HV)**	**Durée de vie de la coupe (min)**	**Domaines d'application**
YG6	WC 94, Co 6	1800-2000	40	Découpe de fonte
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1600-1800	30	Découpe de l'acier
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1900	35	Découpe de l'acier inoxydable

Annexe B (Référence)

B.1 Conditions d'essai

Température d'essai de durée de vie de coupe : 25°C.
Précision de mesure de la largeur de la bande d'usure : ± 0,01 mm.

11 Index

Outils en carbure
Conditions techniques
Méthodes d'essai

Avis :

Le contenu ci-dessus est reconstitué à partir des informations publiques de la norme GB/T 17777-1999 et des exigences techniques des outils en carbure cémenté. La norme pouvant contenir des tableaux détaillés, des diagrammes et des paramètres de coupe spécifiques, il ne fournit qu'un aperçu du cadre. Pour obtenir le texte intégral officiel, la dernière révision ou des données expérimentales spécifiques, veuillez vous adresser au site web officiel de l'ISO ou aux organismes de certification compétents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Brève introduction des outils d'aviation en carbure résistant aux hautes températures

Les outils aéronautiques en carbure cémenté résistant aux hautes températures sont des outils de coupe haute performance conçus pour l'industrie aéronautique. Ils sont largement utilisés pour usiner des matériaux difficiles à usiner tels que les alliages haute température, les alliages de titane et l'acier inoxydable. Ces outils sont fabriqués à partir de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et d'une phase liante cobalt-cobalt) et offrent une résistance aux hautes températures et une aptitude à la coupe améliorées grâce à une composition chimique et un procédé de fabrication optimisés.

1. Propriétés des matériaux

Résistance aux hautes températures

Il peut maintenir une dureté (HV > 1200) à des températures élevées de 600 à 1000 °C, ce qui le rend adapté au traitement de pièces à haute température telles que les aubes et les carters de moteurs d'avion.

Dureté élevée

La dureté à température ambiante est généralement de HV 1800-2500 et il présente une forte résistance à l'usure.

Ténacité à la rupture

12-18 MPa·m $^{1/2}$, garantissant que le tranchant ne s'écaille pas facilement lors de la coupe à forte charge.

composition chimique

YT) et tungstène-titane-tantale (YW). Parfois, des terres rares ou des revêtements spéciaux (tels que PVD TiAlN , CVD Al_2O_3) sont ajoutés pour améliorer les performances.

2. Description spécifique des performances des notes typiques

Marque	composition chimique	performance	Caractéristiques	Vitesse de coupe recommandée (m/min)
YG6	WC 94%, Co 6%	Dureté à température ambiante : HV 1900-2100 Dureté à haute température (800 °C) : ~1300 HV Ténacité à la rupture : 14-16 MPa·m $^{1/2}$ Densité : 14,9 g/cm ^{3} Taux d'usure : < 0,03 mm ^{3} /N · m	Haute ténacité, excellente résistance aux chocs, convient à la coupe à sec ou à faible vitesse, résistance à la chaleur modérée	200 -800
YT15A	WC 79%, TiC 15 %, Co 6 %	Dureté à température ambiante : HV 1700-1900 Dureté à haute température (800°C) : ~1200 HV Ténacité à la rupture : 12-14 MPa·m $^{1/2}$ Densité : 11,5 g/cm ^{3} Taux d'usure : <0,035 mm ^{3} /N · m	Forte résistance aux hautes températures et à l'oxydation, convient à la coupe à grande vitesse de l'acier et des alliages à haute température, bonne	500 -1500

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	composition chimique	performance	Caractéristiques	Vitesse de coupe recommandée (m/min)
			résistance à l'adhérence et à l'usure	
YW1A	WC 78%, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	Dureté à température ambiante : HV 1800-2000 Dureté à haute température (800°C) : ~1250 HV Ténacité à la rupture : 13-15 MPa·m ¹ / ² Densité : 12,8 g/cm ³ Taux d'usure : <0,032 mm ³ /N · m	Excellente résistance aux hautes températures et à la corrosion, convient au traitement de surface complexe et à la coupe intermittente, forte résistance à l'usure en cratère	300-1200

3. Types de produits spécifiques

produit	taper	application	Caractéristiques
outil de tournage	Outil de tournage extérieur, outil de tournage intérieur	Traitement des pièces d'arbre de moteur d'avion, YG6A convient au tournage grossier, YT15A convient au tournage fin	La lame est renforcée et la profondeur de coupe peut atteindre 2 à 4 mm
Fraise	Fraise à queue, fraise à tête sphérique	Traitement des aubes de turbine et des surfaces complexes du carter, YW1A convient au fraisage des alliages de titane	Conception à bords multiples, vitesse de coupe jusqu'à 1000 m/min
percer	Foret hélicoïdal, foret pour trous profonds	Perçage de pièces structurelles aéronautiques, YG6A convient au perçage de la fonte, YT15A convient au perçage de l'acier	Revêtement résistant aux hautes températures, rapport de profondeur de perçage jusqu'à 10:1
outil d'alésage	Outil d'alésage grossier, outil d'alésage fin	Finition des alésages de cylindres de moteurs d'avion, YW1A offre une haute précision et une grande durabilité	Porte-outil réglable avec tolérance de ± 0,01 mm

4. Domaines d'application

pièces de moteurs d'avions (telles que les aubes de turbine, les chambres de combustion), finition de pièces structurelles d'avions (telles que les cadres de fuselage, les trains d'atterrissage), production et transformation nécessitant une grande précision et une grande efficacité.

5. Exigences de performance

Durée de vie de coupe : À une vitesse de coupe de 200 à 1 500 m/min, la durée de vie peut atteindre plus de 30 minutes.

Résistance à l'usure : Le taux d'usure est généralement inférieur à 0,03 mm³ / N · m (se référer à GB/T 4078).

Stabilité à haute température : taux de perte de masse < 0,5 %/h à 1000 °C.

6. Fabrication et essais

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Procédé de fabrication : Le procédé de métallurgie des poudres est utilisé et des éléments de terres rares sont ajoutés pour optimiser la microstructure.
Taille des grains : 0,5-1,5 μm .
Porosité : <0,3%.
Méthode d'essai :
Test de dureté : GB/T 16599.
Test de résistance à l'abrasion : GB/T 4078.
Évaluation des performances à haute température : reportez-vous à la norme GB/T 3475 pour garantir le respect des normes aéronautiques strictes.

7. Remarques

Un liquide de coupe (tel qu'un liquide de refroidissement à base d'huile ou d'eau) est nécessaire pendant la coupe pour réduire l'impact des températures élevées.
La conception des outils doit prendre en compte la résistance à l'usure adhésive et à l'usure en cratère, en particulier dans le fraisage interférentiel.
Les paramètres d'usinage doivent être optimisés en fonction du matériau de la pièce et de la marque de l'outil pour éviter une défaillance de l'outil due à une surcharge.

Les outils aéronautiques en carbure résistant aux hautes températures sont essentiels à l'industrie aéronautique et leurs performances influencent directement la qualité et l'efficacité de l'usinage. Avec le développement des technologies aéronautiques, les matériaux d'outillage et les technologies de revêtement (comme les revêtements céramiques et les nanorevêtements) continuent d'être améliorés pour répondre aux exigences d'usinage les plus strictes.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d' outils aéronautiques en carbure cémenté résistants aux hautes températures, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :
Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Brève introduction aux aubes de turbine à gaz en carbure cémenté

Les aubes de turbine à gaz en carbure cémenté sont des composants clés hautes performances, spécialement conçus pour les turbines à gaz. Elles sont largement utilisées dans les moteurs aéronautiques, les turbines à gaz industrielles et la production d'électricité. Ces aubes sont fabriquées à partir de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt-cobalt comme phase liante) et sont adaptées aux conditions de fonctionnement extrêmes : haute température, haute pression, vitesse de rotation élevée et environnements d'écoulement d'air complexes, grâce à des procédés de fabrication et des technologies de traitement de surface avancés. Les aubes de turbine à gaz ne sont pas seulement des composants essentiels de la conversion d'énergie, mais leurs performances déterminent directement l'efficacité, la fiabilité et la durée de vie des équipements. Avec le développement rapide des industries aéronautique et énergétique, les exigences en matière de résistance aux hautes températures, de résistance à la fatigue et de précision d'usinage des matériaux des aubes sont de plus en plus élevées. Le carbure cémenté est devenu le choix privilégié dans ce domaine grâce à ses excellentes performances globales.

1. Propriétés des matériaux

Les propriétés matérielles des aubes de turbine à gaz en carbure cémenté sont la clé de leur capacité à résister aux environnements extrêmes :

composition chimique

Principalement en tungstène-cobalt (YG), tungstène-titane-cobalt (YT) et tungstène-titane-tantale (YW). Le YG privilégie la ténacité, le YT améliore la résistance à la chaleur et à l'oxydation, et le YW améliore la résistance aux hautes températures grâce à l'ajout de TaC . De plus, certaines lames utilisent des terres rares (comme le cérium et le lanthane) pour affiner les grains, ou des revêtements PVD/CVD (comme TiAlN et Al_2O_3) pour améliorer encore les performances de surface.

Résistance aux hautes températures

Les aubes doivent fonctionner longtemps à des températures élevées de 600 à 1 000 °C, et certaines conceptions de pointe exigent même des tolérances supérieures à 1 200 °C. À cette fin, le carbure cémenté peut maintenir sa dureté (HV > 1 200) à haute température grâce à l'optimisation du rapport de phase liante et à l'ajout d'éléments thermorésistants (tels que le tantale Ta et le niobium Nb), ce qui le rend particulièrement adapté à la zone d'écoulement d'air à haute température de la partie arrière de la chambre de combustion des turbines à gaz.

Dureté élevée

La dureté à température ambiante atteint généralement HV 1800-2500, garantissant que l'intégrité de la surface est maintenue sous l'érosion du flux d'air à grande vitesse et l'érosion des particules.

Ténacité à la rupture

La plage de résistance est de 12 à 18 $MPa \cdot m^{1/2}$. Le contrôle de la granulométrie et de la distribution des phases améliore la résistance à la fissuration de la lame sous des forces centrifuges élevées

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(jusqu'à des milliers de g) et des vibrations.

2. Description spécifique des performances des notes typiques

Marque	composition chimique	performance	Caractéristiques	Vitesse de coupe recommandée (m/min)
YG6	WC 94 %, Co 6 %	Dureté à température ambiante : HV 1900-2100 Dureté à haute température (800 °C) : ~1300 HV Ténacité à la rupture : 14-16 MPa·m ¹ / ² Densité : 14,9 g/cm ³ Taux d'usure : < 0,03 mm ³ /N · m	Haute ténacité, excellente résistance aux chocs, convient à la coupe à basse vitesse, résistance à la chaleur modérée, convient aux aubes de compresseur initiales	200-800
YT15A	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	Dureté à température ambiante : HV 1700-1900 Dureté à haute température (800°C) : ~1200 HV Ténacité à la rupture : 12-14 MPa·m ¹ / ² Densité : 11,5 g/cm ³ Taux d'usure : <0,035 mm ³ /N · m	Forte résistance aux hautes températures et à l'oxydation, convient à la découpe à grande vitesse de l'acier et des alliages à haute température, bonne résistance à l'adhérence et à l'usure, convient aux aubes de turbines à moyenne pression	500-1500
YW1A	WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	à température ambiante : HV 1800-2000 Dureté à haute température (800°C) : ~1250 HV Ténacité à la rupture : 13-15 MPa·m ¹ / ² Densité : 12,8 g/cm ³ Taux d'usure : <0,032 mm ³ /N · m	Excellente résistance aux hautes températures et à la corrosion, convient au traitement de surface complexe et à la coupe intermittente, forte résistance à l'usure en cratère, convient aux aubes de turbine haute pression	300-1200

3. Types de produits spécifiques

produit taper	taper	application	Caractéristiques
Aubes de turbine	Lames haute pression, lames basse pression	Les pales haute pression sont utilisées pour extraire l'énergie des gaz à haute température et haute pression (température de 1 000 à 1 200 °C), tandis que les pales basse pression sont utilisées pour la conversion ultérieure de l'énergie (température de 600 à 800 °C). Le YW1A est adapté aux zones à haute température.	Coulée monocristalline, canal de refroidissement interne, résistance à la température supérieure à 1200°C, conception résistante à la fatigue thermique
aubes directrices	Lames fixes, lames réglables	Guidez le flux d'air vers les pales rotatives pour optimiser son efficacité. Le YT15A est adapté aux conditions de travail difficiles.	Revêtement barrière thermique (TBC), forte performance anti-oxydation, angle réglable pour optimiser l'efficacité
Aubes de compresseur	Lames avant, lames arrière	L'air comprimé augmente la pression. Les pales avant gèrent l'air basse pression (300-500 °C) et les pales arrière l'air haute pression (500-700 °C). Le compresseur YG6A est adapté à la phase initiale de compression.	Conception à haute ténacité, excellente résistance à la fatigue, polissage de surface pour réduire la résistance au flux d'air

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4. Domaines d'application

moteurs d'avion

Les aubes de turbine et les composants de la chambre de combustion doivent résister à des températures supérieures à 1 000 °C et à des vitesses ultra-élevées (> 10 000 tr/min), ce qui nécessite que les matériaux présentent une stabilité thermique et une résistance au fluage extrêmement élevées.

Turbines à gaz industrielles

Utilisé pour la production d'énergie et la propulsion des navires, avec une température de fonctionnement de 600 à 900 °C, mettant l'accent sur la fiabilité et l'économie à long terme.

Environnement à haute température et haute pression

Par exemple, les systèmes de propulsion pétrochimiques et aérospatiaux doivent faire face aux gaz corrosifs et à l'érosion des particules.

5. Exigences de performance

Résistance à haute température : La résistance à la traction est > 800 MPa à 1000 °C, garantissant que les lames ne subissent pas de déformation plastique à haute température.

Résistance à l'usure : le taux d'usure est inférieur à 0,03 mm^3 / N · m (se référer à GB/T 4078), résistant au flux d'air à haute température et à l'usure des particules.

Résistance au fluage : Durée de vie au fluage > 1000 heures à 900 °C et charge de 200 MPa, empêchant la déformation à long terme.

^{6} cycles à vibrations haute fréquence (10-100 Hz) et force centrifuge, adaptés aux cycles de démarrage-arrêt des turbines à gaz.

Performances de fatigue thermique : Résiste à des cycles thermiques de 500 à 1 000 °C pendant 1 000 fois sans fissures évidentes.

6. Processus de fabrication

moulage de précision

La méthode de la cire perdue ou technologie de solidification directionnelle est utilisée pour assurer la croissance directionnelle des grains et réduire les faiblesses des limites des grains.

Technologie monocristalline

En contrôlant la direction de solidification pour produire des lames monocristallines, la résistance à haute température et la résistance au fluage peuvent être considérablement améliorées.

Canaux de refroidissement internes

Grâce au moulage du noyau en céramique, le diamètre du canal est de 0,5 à 2 mm, ce qui optimise l'efficacité du refroidissement et réduit la température de surface de la lame de 200 à 300 °C.

Revêtements de barrière thermique (TBC)

La pulvérisation plasma ou le dépôt physique en phase vapeur par faisceau d'électrons (EB-PVD) est utilisé, avec une épaisseur de 100 à 300 μm et une conductivité thermique <1 W/ m·K .

7. Stratégie d'optimisation des performances

Conception d'alliage : Augmenter la teneur en TaC / NbC pour améliorer la stabilité de phase à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

haute température ; ajouter des éléments de terres rares pour affiner les grains et améliorer la ténacité.
Technologie de revêtement : utiliser un revêtement multicouche (tel qu'une couche de liaison métallique + une couche supérieure en céramique) pour améliorer les effets anti-oxydation et de barrière thermique.
Conception de refroidissement : optimisez la disposition des canaux internes et combinez-la avec un refroidissement par film externe pour réduire la température de fonctionnement de la lame.
Technologie de traitement : utiliser des machines-outils CNC à cinq axes et un traitement assisté par laser pour garantir la précision des formes géométriques complexes.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tout besoin d' aubes de turbine à gaz en carbure cémenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Brève introduction des composants nucléaires en carbure cémenté résistant aux hautes températures

Les composants nucléaires en carbure cémenté résistant aux hautes températures sont des matériaux de structure hautes performances conçus pour les centrales nucléaires et sont largement utilisés dans des domaines clés tels que les réacteurs nucléaires, les cuves sous pression, les assemblages combustibles et les systèmes de refroidissement. Ces composants sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de phases liantes cobalt-cobalt), associé à une conception d'alliage et à une technologie de traitement de surface avancées pour résister aux températures élevées (500-950 °C), aux radiations élevées et à la forte corrosion dans les centrales nucléaires. Le carbure cémenté est devenu un matériau de choix dans l'industrie nucléaire grâce à son excellente résistance à la chaleur, à l'usure et aux radiations.

1. Propriétés des matériaux

Résistance aux hautes températures

Le carbure cémenté peut maintenir une stabilité structurelle à des températures élevées de 600 à 1 000 °C, et certaines formules optimisées peuvent résister à des températures supérieures à 1 200 °C, ce qui le rend adapté à la zone centrale des réacteurs nucléaires.

Dureté élevée

La dureté à température ambiante est généralement HV 1800-2500, avec une forte résistance à l'usure et à l'érosion, et une résistance au flux d'air à haute température et à l'érosion des particules.

Résistance aux radiations

En ajoutant des éléments stabilisants (tels que le niobium Nb et le tantale Ta), les défauts de réseau induits par les rayonnements peuvent être réduits et la durée de vie des composants peut être prolongée.

composition chimique

Principalement composé de tungstène-cobalt (YG), de tungstène-titane-cobalt (YT) et de tungstène-titane-tantale (YW), certaines formules ajoutent des éléments d'alliage à base de nickel ou de chrome pour améliorer la résistance à la corrosion.

2. Description spécifique des performances des notes typiques

Marque	composition chimique	performance	Caractéristiques	Température de fonctionnement recommandée (°C)
YG6	WC 94 %, Co 6 %	Dureté à température ambiante : HV 1900-2100 Dureté à haute température (800 °C) : ~1300 HV Ténacité à la rupture : 14-16 MPa·m ¹ / ² Densité : 14,9 g/cm ³ Taux d'usure : < 0,03 mm ³ /N · m	Haute ténacité, excellente résistance aux chocs, adapté aux environnements à température moyenne et basse, résistance à la chaleur modérée	200-800
YT15A	WC 79 %, TiC	Dureté à température ambiante : HV 1700-	Forte résistance aux températures	500-1000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	composition chimique	performance	Caractéristiques	Température de fonctionnement recommandée (°C)
	15 %, Co 6 %	1900 Dureté à haute température (800°C) : ~1200 HV Ténacité à la rupture : 12-14 MPa·m ¹ / ² Densité : 11,5 g/cm ³ Taux d'usure : <0,035 mm ³ /N · m	élevées et à l'oxydation, adaptée au traitement des alliages à haute température	
YW1A	WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	Dureté à température ambiante : HV 1800-2000 Dureté à haute température (800°C) : ~1250 HV Ténacité à la rupture : 13-15 MPa·m ¹ / ² Densité : 12,8 g/cm ³ Taux d'usure : <0,032 mm ³ /N · m	Excellente résistance aux hautes températures et à la corrosion, forte résistance aux radiations	300-950

3. Types de produits spécifiques

Type de produit	taper	application	Caractéristiques
Cuve sous pression du réacteur	Coquille, tête	Résiste aux températures et aux pressions élevées, accueille le cœur du réacteur nucléaire, YW1A convient aux zones à haute température	Conception à paroi épaisse, résistance au fluage, résistance à la température jusqu'à 950°C
Assemblages combustibles	Enveloppe de crayon combustible, capuchon d'extrémité	Encapsulant le combustible nucléaire, YT15A offre une protection contre la corrosion	Usinage de précision, déformation anti-rayonnement
Composants du système de refroidissement	Tuyaux, échangeurs de chaleur	Le liquide de refroidissement de transmission YG6A convient à la section basse pression	Revêtement anticorrosion, résistant à la température de 600 à 800 °C
Vannes et fixations	Vanne de régulation, boulons	Contrôlez le fluide et fixez la structure, YW1A améliore la durabilité	Haute résistance, résistance à la fatigue, résistance à la température supérieure à 700°C

4. Domaines d'application

Cœur de réacteur nucléaire : comme les cuves sous pression et les assemblages combustibles, qui doivent résister à des températures élevées de 500 à 950 °C et à des doses de rayonnement (> 10 ⁸ Gy).

Systèmes de refroidissement : tuyauterie et échangeurs de chaleur qui traitent des liquides de refroidissement à haute température tels que des sels fondus ou des métaux liquides.

Systèmes de sécurité : Vannes et fixations pour assurer la sécurité et la stabilité des opérations des centrales nucléaires.

5. Exigences de performance

Résistance à haute température : résistance à la traction > 800 MPa à 900 °C, résiste au fluage thermique.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Résistance à l'usure : taux d'usure < 0,03 mm^3 / N · m, résiste à l'érosion des particules à haute température.

Stabilité aux radiations : l'expansion du réseau est < 0,5 % sous un rayonnement de 10^8 Gy, empêchant la fragilisation du matériau.

Résistance à la corrosion : Dans les environnements acides ou contenant du chlore, le taux de corrosion est < 0,01 mm/an.

^{6} cycles sous vibrations à haute température.

6. Processus de fabrication

Métallurgie des poudres : le pressage isostatique à chaud (HIP) assure une microstructure uniforme avec une granulométrie de 0,5 à 2 μm .

Moulage à la cire perdue : utilisez la méthode de la cire perdue pour produire des géométries complexes telles que des canaux de refroidissement.

Revêtement de surface : Utilisation de la technologie PVD/CVD (comme TiN , CrN), épaisseur 5-20 μm , pour améliorer la résistance à l'usure et la résistance à la corrosion.

7. Stratégie d'optimisation des performances

Conception d'alliage : Augmenter la teneur en TaC / NbC pour améliorer la stabilité de phase à haute température ; ajouter des éléments à base de nickel (tels que l'Inconel 625) pour améliorer la résistance à la corrosion.

Traitement thermique : utiliser une solution solide + un traitement de vieillissement pour optimiser la résistance des joints de grains.

Technologie de revêtement : Le revêtement barrière thermique multicouche (tel que YSZ) réduit la température de surface de 200 à 300 °C.

Technologie de traitement : utiliser un traitement assisté par laser pour garantir la précision des pièces complexes.

8. Remarques

Radioprotection : Vérifiez régulièrement les dommages au réseau pour éviter la fragilisation du matériau.

Entretien du refroidissement : Assurer une circulation fluide du liquide de refroidissement pour éviter toute surchauffe locale.

Optimisation du traitement : Contrôlez la vitesse de coupe (200-1000 m/min) et utilisez du liquide de refroidissement pour réduire les contraintes thermiques.

Normes de sécurité : Conforme au code ASME sur les chaudières et les appareils à pression pour garantir la fiabilité des composants.

Les composants nucléaires en carbure cémenté résistant aux hautes températures sont essentiels à la sûreté et à l'efficacité de l'énergie nucléaire. Leurs performances influencent directement la durée de vie du réacteur et sa stabilité opérationnelle. Avec les progrès de la technologie nucléaire, notamment dans les réacteurs de quatrième génération (tels que les réacteurs refroidis au gaz à haute température) et la recherche sur la fusion nucléaire, l'optimisation du carbure cémenté et le développement de nouveaux alliages (tels que l'alliage 617) s'accélèrent. Les technologies associées

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

continuent de se développer aux niveaux national (par exemple, la China National Nuclear Corporation) et international (par exemple, le laboratoire du DOE américain), notamment dans le domaine des réacteurs nucléaires à haute température. Un potentiel considérable.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Introduction aux vannes chimiques en carbure résistant à la corrosion

Les vannes chimiques en carbure anticorrosion sont des composants résistants à la corrosion et à l'usure, spécialement conçus pour l'industrie chimique. Elles sont largement utilisées dans les systèmes de canalisations transportant des acides forts, des bases fortes, des fluides à haute température et des gaz corrosifs. Ces vannes sont à base de carbure (principalement composé de carbure de tungstène WC et de phases de liaison cobalt-cobalt) et sont conçues pour résister aux environnements extrêmes de corrosion et d'usure des procédés chimiques grâce à l'optimisation de la composition de l'alliage et du traitement de surface. Le carbure est devenu le matériau privilégié pour la fabrication de vannes chimiques en raison de son excellente résistance à la corrosion, à l'usure et à la résistance mécanique.

1. Propriétés des matériaux

Résistance à la corrosion

En ajoutant des éléments résistants à la corrosion (tels que le chrome Cr, le nickel Ni) et des revêtements (tels que TiN , CrN), le carbure cémenté maintient la stabilité dans les acides forts (H_2SO_4 , HCl) , les environnements alcalins forts (NaOH) et chlorés, et le taux de corrosion est généralement inférieur à 0,01 mm/an.

Dureté élevée

La dureté à température ambiante est HV 1800-2400, ce qui peut résister à l'usure des particules et à l'érosion.

Ténacité à la rupture

10-15 MPa·m $^{1/2}$, garantissant qu'il n'est pas facile de se fissurer sous un impact à haute pression.

composition chimique

Principalement du tungstène-cobalt (YG), du tungstène-titane-cobalt (YT) et du tungstène-titane-tantale (YW), certaines formules ajoutent des alliages à base de nickel ou de molybdène Mo pour améliorer la résistance à la corrosion.

2. Description spécifique des performances des notes typiques

Marque	composition chimique	performance	Caractéristiques	température (°C)	Médias recommandés
YG6	WC 94%, Co 6%	Dureté à température ambiante : HV 1900-2100 Ténacité à la rupture : 14-16 MPa·m $^{1/2}$ Densité : 14,9 g/cm ^{3} Taux de corrosion : < 0,01 mm/an	Haute ténacité, excellente résistance aux chocs, résistant aux environnements acides faibles	-20 - 600	Acide sulfurique dilué, eau douce
YT15A	WC 79%, TiC 15 %, Co 6 %	Dureté à température ambiante : HV 1700-1900 Ténacité à la rupture : 12-14 MPa·m $^{1/2}$ Densité : 11,5 g/cm ^{3} Taux de corrosion : < 0,008 mm/an	Résistance aux hautes températures, forte résistance à l'oxydation et forte résistance à la corrosion acide	0 - 800	Acide chlorhydrique concentré, acide nitrique
YW1A	WC 78 %, TiC	Dureté à température ambiante : HV	Résistance aux hautes	-10 -	Chlorure, solution

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	composition chimique	performance	Caractéristiques	température (°C)	Médias recommandés
	10 %, TaC 2 %, Co 10 %	1800-2000 Ténacité à la rupture : 13-15 MPa·m ¹ / ² Densité : 12,8 g/cm ³ Taux de corrosion : < 0,005 mm/an	températures, forte résistance à la corrosion et résistance à l'érosion par les chlorures	950	alcaline forte

3. Types de produits spécifiques

Type de produit	taper	application	Caractéristiques
Robinet à boisseau sphérique	Robinet à boisseau sphérique flottant, robinet à boisseau sphérique monté sur tourillon	Contrôlant les fluides acides forts et alcalins forts, le YW1A convient aux environnements hautement corrosifs	Étanchéité solide, résistance à la pression 10-50 MPa
Vanne papillon	Vanne papillon à plaquette, vanne papillon excentrique	Régulant les gaz corrosifs, le YT15A offre une protection contre l'usure	Conception légère, résistance à la température 800°C
grille	Vanne à guillotine, vanne à guillotine	Coupure de boue chimique à haute concentration, YG6A convient aux conditions de faible corrosion	Haute résistance à l'usure, résistance à l'érosion, résistance à la pression 20 MPa
Clapet anti-retour	Clapet anti-retour à levage, clapet anti-retour à battant	En empêchant le reflux de fluides corrosifs, YW1A améliore la durabilité	Revêtement anticorrosion, résistance à la température supérieure à 700°C

4. Domaines d'application

Les réacteurs chimiques, tels que ceux utilisés pour la production d'acide sulfurique et l'industrie du chlore et de la soude, doivent résister à la corrosion causée par H_2SO_4 et Cl_2 .

Pétrochimie : les systèmes de pipelines traitent les alcanes, les aromatiques et les composés soufrés.

Produits pharmaceutiques et protection de l'environnement : Traitement des eaux usées acides et des catalyseurs alcalins, mettant l'accent sur la sécurité et la durabilité.

5. Exigences de performance

Résistance à la corrosion : Dans une solution HCl à 10 % à 80 °C, le taux de corrosion est < 0,01 mm/an.

Résistance à l'usure : taux d'usure < 0,03 mm^3 / N · m (se référer à GB/T 4078), résistant à l'érosion particulaire.

Résistance à haute température : résistance à la traction > 700 MPa à 800 °C, empêche le fluage thermique.

Performances d'étanchéité : taux de fuite < 0,01% (selon la norme API 598).

^{5} cycles sous pression cyclée (0-20 MPa).

6. Processus de fabrication

Métallurgie des poudres : le pressage isostatique à chaud (HIP) est utilisé pour assurer la densité, avec une granulométrie de 0,5 à 2 μm .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Usinage de précision : grâce au tournage CNC et à l'EDM, la tolérance est contrôlée à ± 0,02 mm.
Traitement de surface : revêtement PVD/CVD (tel que CrN , TiAlN), épaisseur 5-15 μm .

Les vannes chimiques en carbure résistant à la corrosion sont des équipements essentiels dans la production chimique, et leurs performances influencent directement la stabilité et la sécurité des procédés. Face à l'évolution de l'industrie chimique vers des applications à forte corrosion et à haute température, l'optimisation du carbure (comme les nanorevêtements et les matériaux composites) s'accélère.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de vannes chimiques en carbure cémenté résistantes à la corrosion, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité ! Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Outils de forage offshore en carbure résistant à la corrosion

Les outils de forage marin en carbure cémenté résistant à la corrosion sont des outils haute performance conçus pour l'extraction pétrolière et gazière en eaux profondes, l'exploration géologique marine et l'ingénierie des fonds marins. Ils sont largement utilisés dans les opérations de forage en environnements extrêmes. Ces outils de forage sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). Grâce à la formulation précise de leurs alliages, à une technologie de renforcement de surface et à des procédés de fabrication avancés, ils améliorent considérablement leur résistance à la corrosion marine, à l'usure sous haute pression, à l'adhérence antibiologique et à la résistance mécanique. Le forage marin implique des profondeurs d'eau allant de quelques centaines à plusieurs milliers de mètres, avec des pressions élevées (jusqu'à 50 MPa), une eau de mer à forte salinité (contenant 3,5 % de NaCl), l'érosion par le gravier, le sulfure d'hydrogène (H_2S) et des défis à basse température. Les matériaux traditionnels tels que l'acier inoxydable ou l'acier au carbone étant difficiles à traiter, le carbure cémenté résistant à la corrosion est devenu le matériau de référence dans ce domaine. Ces dernières années, avec l'accélération du développement des ressources en eaux profondes et l'augmentation des besoins en matière de protection de l'environnement, la recherche et le développement ainsi que l'application du carbure cémenté résistant à la corrosion ouvrent de nouvelles opportunités de développement.

1. Caractéristiques techniques

Résistance à la corrosion

Grâce à l'ajout d'éléments résistants à la corrosion tels que le chrome (Cr) et le molybdène (Mo), et à l'application de revêtements TiN , CrN ou TiAlN , le carbure cémenté résistant à la corrosion présente une excellente résistance à la corrosion dans les environnements à forte salinité, chlorés et sulfurés, avec une vitesse de corrosion de seulement 0,01 à 0,02 mm/an, nettement supérieure à celle de l'acier inoxydable ordinaire (plus de 0,1 mm/an). Sa résistance à la corrosion par l'H_2S est particulièrement remarquable et il convient parfaitement aux champs pétroliers et gaziers en eaux profondes contenant du sulfure d'hydrogène.

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1800-2500, ce qui peut résister efficacement à l'usure et à l'érosion des particules des formations de gravier et de roche du fond marin, et le taux d'usure est contrôlé en dessous de 0,03 $mm^3 / N \cdot m$, prolongeant ainsi la durée de vie des outils de forage.

Résistance mécanique

La ténacité à la rupture atteint 12-16 $MPa \cdot m^{1/2}$, garantissant l'intégrité structurelle dans des conditions de haute pression en haute mer (20-50 MPa), de force centrifuge élevée (des milliers de g) et de vibrations, et la résistance à la traction dépasse 700 MPa à 800°C, empêchant le fluage thermique et la rupture par fatigue.

Anti-biofouling

Le traitement de surface (tel que le polissage à $Ra < 0,2$ μm) combiné à un revêtement antibactérien (tel que le revêtement dopé TiAlN ou Ag) peut inhiber efficacement la fixation d'organismes marins (tels que les balanes et les algues), réduire la fréquence de maintenance et améliorer l'efficacité du

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

forage.

Performances à basse température

Dans l' environnement à basse température des eaux profondes de -10°C à 4°C, il conserve une bonne ténacité et une bonne résistance à la rupture fragile et convient au forage dans les eaux polaires.

2. Matériaux et qualités

Le carbure cémenté résistant à la corrosion a été développé en plusieurs nuances pour répondre aux besoins variés du forage offshore. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1900-2100, ténacité à la rupture 14-16 MPa·m $^{1/2}$, adapté au forage en eau peu profonde (0-500 m), résistant aux milieux faiblement corrosifs tels que l'eau douce et l'eau salée à faible concentration (<1% NaCl), taux de corrosion <0,02 mm/an.

YT15A

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1900, résistance à haute température jusqu'à 800°C, adapté au forage en eau moyennement profonde (500-2000 m), résistant à la corrosion moyenne à forte comme l'eau de mer salée (3,5% NaCl), taux de corrosion <0,015 mm/an.

YW1A

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-2000, forte résistance à la corrosion en eaux profondes (2000-5000 m), excellente résistance aux chlorures, au sulfure d'hydrogène et à l'adhérence biologique, taux de corrosion < 0,01 mm/an, résistance à la température jusqu'à 950°C.

3. Application

Les outils de forage offshore en carbure cémenté résistant à la corrosion jouent un rôle essentiel dans divers domaines de l'ingénierie offshore. Leurs applications varient en fonction des conditions environnementales et des exigences opérationnelles. Voici une analyse détaillée :

Extraction de pétrole et de gaz en haute mer

Adapté aux plateformes de forage en eaux ultra-profondes, d'une profondeur de 2 000 à 5 000 m, comme celles du golfe du Mexique, des champs pétrolifères de la mer du Nord et de la mer de Chine méridionale, qui nécessitent de forer à travers les roches sous-marines pour extraire du pétrole brut et du gaz naturel. Face à des environnements à haute pression (20 à 50 MPa), à une eau de mer à forte salinité et à l'hydrogène sulfuré (H_2S) , les outils de forage doivent présenter une forte résistance à la corrosion, à l'usure et à la fatigue, ainsi qu'une résistance aux basses températures des eaux profondes (0 à 4 °C).

Produits typiques : forets PDC (trépans composites diamantés polycristallins) et forets à molettes, de marque YW1A, avec une résistance à la pression de 50 MPa, adaptés au forage dans les formations rocheuses dures et les champs de pétrole et de gaz contenant du soufre. Ses principaux avantages sont : une résistance élevée à l'usure pour prolonger la durée de vie du foret, une résistance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

à la corrosion par l'H_2S pour réduire les risques de sécurité, et un système de refroidissement interne pour atténuer l'impact des températures élevées.

Exploration géologique marine

Utilisé pour forer les sédiments des fonds marins, les carottes de roche et les ressources géothermiques, telles que les études géologiques sous la calotte glaciaire de l'Antarctique et l'exploration des sources hydrothermales sur le fond de l'océan Pacifique.

Il doit faire face à l'alternance de sédiments mous et de formations rocheuses dures, résister à l'encrassement biologique pour maintenir l'efficacité du forage et supporter des températures basses jusqu'à -10°C.

Produits typiques : Stabilisateurs de train de tiges et trépans de carottage, utilisant la nuance YT15A, résistants à la température jusqu'à 800°C et résistants à la formation de biofilm.

Avantages : La ténacité élevée assure la stabilité des outils de forage dans des formations complexes, et le revêtement antibactérien sur la surface réduit la fréquence de maintenance, le rendant adapté aux environnements polaires.

Ingénierie sous-marine

Appliqué à la pose de pipelines sous-marins, à la construction d'infrastructures de plateformes et à l'installation de câbles sous-marins, notamment pour le développement de gisements pétroliers et gaziers en eaux profondes en mer de Chine méridionale. L'immersion prolongée en eau de mer (profondeur de 500 à 3 000 m) exige une résistance à la corrosion marine, à la fatigue et à la fixation biologique.

Produits typiques : connecteurs (brides, boulons) et composants de vannes, utilisant les nuances YG6A et YW1A, avec une résistance à la pression de 40 MPa.

Avantages : Les connecteurs haute résistance garantissent la stabilité structurelle, les revêtements anticorrosion prolongent la durée de vie et la durabilité convient aux opérations sous-marines à long terme.

Applications spéciales

Exploitation minière en haute mer

Par exemple, l’exploitation minière de nodules et de sulfures polymétalliques nécessite de forer à travers des dépôts sous-marins et de faire face à la corrosion due à de fortes concentrations d’ions métalliques.

Surveillance environnementale

Installer des outils de forage pour collecter des données sur le fond marin (telles que la température et la pression), en mettant l’accent sur la durabilité et la précision des données.

4. Processus de fabrication

Le procédé de fabrication des outils de forage offshore en carbure cémenté résistant à la corrosion allie science des matériaux de pointe et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance dans des environnements extrêmes. Voici le détail du procédé et les points techniques :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Préparation des matières premières

Mélange de poudre

(WC) et de cobalt (Co) de haute pureté sont sélectionnées, et des éléments résistants à la corrosion (tels que Cr, Mo) et des durcisseurs (tels que TiC , TaC) sont ajoutés. Le mélange est malaxé dans un broyeur à boulets pendant 24 à 48 heures pour assurer une distribution uniforme. La granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 μm , avec une teneur en impuretés inférieure à 0,1 %.

Optimisation additive

Une petite quantité d'éléments de terres rares (tels que Ce et La) est ajoutée pour affiner les grains, améliorer la résistance à la corrosion et la ténacité ; des particules de carbure à l'échelle nanométrique sont ajoutées pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage

La poudre est pressée en ébauches à l'aide de la technologie de pressage isostatique à froid (CIP) à une pression de 200 à 300 MPa, avec une densité de moulage de 60 à 70 % de la densité théorique.

Pressage isostatique à chaud (HIP)

Le traitement thermique à 1300-1500°C et 100-200 MPa élimine davantage les pores, augmente la densité à plus de 98% et améliore la résistance à la compression.

Moulage de structures complexes

Pour les forets et les composants de vannes, le moulage par injection ou l'impression 3D (fusion laser sélective SLM) est utilisé pour produire des canaux de refroidissement internes ou des géométries complexes avec une précision de ± 0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide

Le frittage à 1400-1600°C pendant 1 à 2 heures dans un four sous vide favorise la liaison des particules de WC, élimine les impuretés du gaz et empêche l'oxydation.

Frittage en phase liquide

Le cobalt fond pour former une phase liquide, remplit les pores et améliore la résistance du matériau et sa résistance à la corrosion. Le temps de frittage est contrôlé avec précision pour éviter une granulométrie excessive.

Post-traitement

Le nettoyage au plasma est utilisé pour éliminer la couche d'oxyde de surface afin d'assurer l'adhérence des revêtements ultérieurs ; certains produits sont soumis à un recuit à basse température pour libérer les contraintes résiduelles.

Traitement de surface

Dépôt physique en phase vapeur (PVD)

Appliquez un revêtement TiN ou CrN d'une épaisseur de 5 à 20 μm pour améliorer la résistance à la corrosion et à l'usure de l'eau de mer, particulièrement adapté à l'environnement anti-H_2S en haute mer .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Dépôt chimique en phase vapeur (CVD)

En utilisant un revêtement TiAlN ou Al_2O_3 , la résistance à la température atteint 1000°C, ce qui convient au forage à haute température en haute mer ou à l'environnement hydrothermal.

Polissage

Le polissage mécanique ou électrochimique à Ra < 0,2 μm peut réduire la bio-attachement et la rugosité de surface, et les revêtements antimicrobiens (tels que dopés à l'Ag) peuvent être combinés pour inhiber davantage la croissance des organismes marins.

Usinage de précision

Usinage CNC

Une machine-outil CNC à cinq axes est utilisée pour traiter les arêtes de coupe des forets, les surfaces d'étanchéité des vannes et les filetages des connecteurs avec une précision de ± 0,02 mm.

Usinage par décharge électrique (EDM)

Utilisé pour les cavités internes complexes et les micropores (tels que les canaux de refroidissement) pour réduire les zones affectées par la chaleur, avec une rugosité de surface jusqu'à Ra 0,1 μm .

Traitement au laser

Il facilite la finition, améliore la qualité de surface et la précision géométrique et est particulièrement adapté à la microstructure des outils de forage en eau ultra-profonde.

Contrôle de la qualité

Test de dureté : selon GB/T 16599, charge de 10 kg, précision ± 30 HV, garantit que la dureté est conforme à la norme et uniforme.

Test de corrosion : Immersion dans une solution de NaCl à 80°C, 3,5% pendant 2000 heures pour simuler l'environnement de l'eau de mer afin d'évaluer la perte de masse et les changements de surface.

Test de pression : Selon la norme API 6A, appliquez 1,5 fois la pression de conception (maximum 75 MPa) pour détecter les fuites, les déformations et l'intégrité structurelle.

Essais de fatigue : simulez des cycles de pression de 0 à 30 MPa, > 10^5 cycles, évaluez la croissance des fissures et la durée de vie en fatigue.

5. Indicateurs de performance

Résistance à la corrosion

Dans une solution à 80 °C et 3,5 % de NaCl, le taux de corrosion est < 0,02 mm/an ; lorsqu'elle contient 100 ppm de H_2 S, la résistance à la corrosion reste supérieure à 90 %.

Résistance à l'usure

Le taux d'usure est inférieur à 0,03 mm^3 / N · m, ce qui peut résister à l'érosion du gravier du fond marin et des formations rocheuses.

Résistance mécanique

Résistance à la traction > 700 MPa à 800 °C, résistant au fluage thermique ; ténacité à la rupture 12-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

16 MPa·m ¹ / ² .

La fatigue de la vie

Sous un cycle de pression de 0 à 30 MPa, la durée de vie est > 10 ⁵ fois, s'adaptant aux charges de vibration en haute mer.

Scellage

Conforme à la norme API 6A, taux de fuite < 0,01 %.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage

Augmenter la teneur en Cr et Mo pour améliorer la résistance aux piqûres et à la corrosion par les chlorures ; développer des alliages à haute entropie (tels que CoCrFeNiMo) pour améliorer les performances globales.

Technologie de revêtement

Un revêtement multicouche (tel que Ni-Cr + TiN) est utilisé pour améliorer la résistance à l'érosion par l'eau de mer et aux températures élevées, et l'épaisseur peut être personnalisée entre 5 et 20 μm .

Traitement thermique

Le processus de solution solide + vieillissement optimise la résistance à la corrosion des joints de grains et la résistance mécanique et réduit les contraintes résiduelles.

Traitement de surface

Polissage à Ra < 0,2 μm pour réduire l'attachement biologique ; introduction d'un nano-revêtement ou d'un revêtement antibactérien (dopé à l'Ag) pour améliorer la durabilité.

Innovation de procédé

L'impression 3D (SLM) permet la personnalisation de structures complexes et l'IA optimise les paramètres de frittage et l'épaisseur du revêtement, réduisant ainsi la consommation d'énergie et améliorant l'efficacité.

Les outils de forage marin en carbure cémenté résistant à la corrosion ont considérablement amélioré l'efficacité, la sécurité et la durée de vie des forages en eaux profondes grâce à des procédés de fabrication avancés et à des conceptions d'applications ciblées. Avec l'intensification de l'exploitation des ressources marines, notamment vers les eaux ultra-profondes (> 5 000 m) et l'ingénierie marine verte, l'optimisation du carbure cémenté (notamment par le nanorevêtement, les matériaux composites et la fabrication intelligente) continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d' outils de forage marins en carbure cémenté résistants à la corrosion, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité ! Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Brève introduction des pièces de réacteur acide en carbure cémenté résistant à la corrosion

Les composants de réacteurs acides en carbure cémenté résistant à la corrosion sont des composants hautes performances, résistants à la corrosion, conçus pour les industries chimique, pétrochimique et pharmaceutique. Ils sont largement utilisés dans les systèmes de réacteurs manipulant des acides forts (tels que l'acide sulfurique H_2SO_4 , l'acide chlorhydrique HCl), des milieux à haute température et des gaz hautement corrosifs. Ces composants sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). L'optimisation de la composition de l'alliage, la technologie de renforcement de surface et un procédé de fabrication de précision ont permis d'améliorer considérablement la résistance à la corrosion, à l'usure et la résistance mécanique des acides forts. L'environnement des réacteurs acides implique des températures élevées (500-1000 °C), des pressions élevées (10-30 MPa) et des milieux hautement corrosifs (tels que les acides concentrés et les composés chlorés). Les matériaux traditionnels tels que l'acier inoxydable ou les alliages de titane présentent des difficultés à fonctionner de manière stable et durable ; le carbure cémenté résistant à la corrosion constitue donc un choix idéal. Cet article discutera en détail de ses caractéristiques techniques, de ses scénarios d'application et de ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques dans les environnements acides.

1. Caractéristiques techniques

Résistance à la corrosion

En ajoutant des éléments résistants aux acides tels que le chrome (Cr), le molybdène (Mo) et le nickel (Ni), et en appliquant des revêtements TiN , CrN ou TiAlN , le carbure cémenté résistant à la corrosion présente une excellente résistance à la corrosion dans l'acide sulfurique concentré (98 % H_2SO_4) , l'acide chlorhydrique (37 % HCl) et les environnements contenant du chlorure, avec un taux de corrosion aussi bas que 0,005-0,01 mm/an, ce qui est bien meilleur que l'acier inoxydable (0,05-0,1 mm/an).

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1800-2400, ce qui peut résister à l'usure des particules et à l'érosion, et le taux d'usure est contrôlé en dessous de 0,02 mm^3 / N · m, ce qui convient aux milieux acides à grande vitesse.

Résistance mécanique

La ténacité à la rupture atteint 10-15 $MPa·m^{1}$ / ², garantissant l'intégrité structurelle sous haute pression et choc thermique, et la résistance à la traction dépasse 600 MPa à 800°C.

Stabilité à haute température

Il maintient des performances stables dans un environnement acide à haute température de 500 à 1 000 °C et présente une forte résistance au fluage thermique et à l'oxydation.

Résistance chimique

Pour les acides oxydants forts (tels que l'acide nitrique HNO_3) et les acides réducteurs (tels que l'acide fluorhydrique HF), les piqûres et la corrosion uniforme peuvent être réduites grâce à l'optimisation des alliages et à la conception des revêtements.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2. Matériaux et qualités

Le carbure cémenté résistant à la corrosion a été développé en plusieurs nuances pour répondre aux besoins variés des réacteurs acides. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1900-2100, ténacité à la rupture 14-16 MPa·m $^{1/2}$, adapté aux environnements acides à concentration moyenne et faible (<30% H_2SO_4) , taux de corrosion <0,01 mm/an, résistance à la température 600°C.

YT15A

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1900, résistance à haute température jusqu'à 800°C, adapté à l'acide à concentration moyenne (tel que 50% HCl), taux de corrosion <0,008 mm/an, forte résistance à l'oxydation.

YW1A

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-2000, résistance à haute température jusqu'à 950°C, adapté aux environnements à forte concentration d'acide et de chlorure, taux de corrosion < 0,005 mm/an, excellente résistance à l'érosion acide forte.

3. Détails de la candidature

Les composants des réacteurs acides en carbure cémenté résistants à la corrosion jouent un rôle essentiel dans divers secteurs industriels. Leurs applications varient selon les conditions du milieu et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Production d'acide sulfurique

du procédé de contact à l'acide sulfurique, le milieu est à 98% H_2SO_4 , la température est de 500-700°C.

Exigences : Doit résister à la corrosion acide oxydante forte et à l'érosion particulaire à grande vitesse, et supporter une pression de 20 MPa.

Produits typiques : Plaques de revêtement et buses, utilisant la nuance YW1A, taux de résistance à la corrosion < 0,005 mm/an.

Avantages : La dureté élevée réduit l'usure, le revêtement améliore la résistance à la pénétration des acides.

Industrie du chlore et de la soude

Vannes et joints pour électrolyseurs et réacteurs manipulant 37% HCl et chlore (Cl_2) à 50-200°C.

Exigences : Doit résister à la corrosion par le chlorure et à l'oxydation à haute température, et supporter une pression de 10 à 15 MPa.

Produits typiques : composants de vannes et bagues d'étanchéité, utilisant la nuance YT15A, taux de résistance à la corrosion < 0,008 mm/an.

Avantages : Anti-oxydation du chlore, durée de vie prolongée.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Produits pharmaceutiques et chimie fine

Appliqué aux pales d'agitation et aux tubes d'échangeurs de chaleur dans les réacteurs de synthèse, manipulant de l'acide fluorhydrique (HF) ou des acides mixtes, température 100-300°C.

Exigences : Doit résister à une forte corrosion acide réductrice et à un traitement de haute précision, et résister à une pression de 15 MPa.

Produits typiques : pales d'agitateur et raccords de tuyauterie, utilisant la nuance YG6A, taux de résistance à la corrosion < 0,01 mm/an.

Avantages : Haute ténacité pour s'adapter aux mouvements complexes, polissage de surface pour réduire les résidus.

Applications spéciales

Traitement des acides résiduaires : Pour traiter les acides résiduaires à haute concentration, il est nécessaire de résister à la corrosion mixte de plusieurs acides.

Réaction catalytique : Support de catalyseur de soutien, il doit être résistant aux températures élevées et chimiquement stable.

Défi : Les environnements à très haute température (> 1 000 °C) ou à acide ultra concentré (> 98 %) imposent des exigences plus élevées en matière de performances des matériaux.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des pièces de réacteurs acides en carbure cémenté résistant à la corrosion allie science des matériaux de pointe et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en environnements fortement acides. Voici le détail des procédés et des points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudres : Utiliser des poudres de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co) de haute pureté, ajouter des éléments résistants aux acides (Cr, Mo, Ni) et des durcisseurs (TiC , TaC). Mélanger au broyeur à boulets pendant 24 à 48 heures, contrôler la granulométrie entre 0,5 et 2 μm et maintenir la teneur en impuretés inférieure à 0,1 %.

Optimisation additive : des éléments de terres rares (tels que Ce et La) sont ajoutés pour affiner les grains, et des carbures à l'échelle nanométrique sont ajoutés pour améliorer la densité et la résistance à la corrosion.

Procédé de moulage

Pressage : Grâce à la technologie de pressage isostatique à froid (CIP), la poudre est pressée en ébauches avec une pression de 200 à 300 MPa et une densité de moulage de 60 à 70 % de la densité théorique.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : Le traitement thermique à 1300-1500°C et 100-200 MPa élimine les pores, augmente la densité à plus de 98% et améliore la résistance à la compression et à la pénétration acide.

Moulage de structures complexes : Pour les roues et les tubes d'échangeurs de chaleur, la technologie de moulage par injection ou d'impression 3D (fusion laser sélective SLM) est utilisée

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

pour produire des géométries complexes avec une précision de ± 0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : Le frittage à 1400-1600°C dans un four sous vide pendant 1 à 2 heures favorise la liaison des particules de WC, élimine les impuretés du gaz et empêche l'oxydation.

Frittage en phase liquide : le cobalt est fondu pour former une phase liquide qui remplit les pores et améliore la résistance du matériau et sa résistance aux acides. Le temps de frittage est contrôlé avec précision pour optimiser la granulométrie.

Post-traitement : Le nettoyage au plasma est utilisé pour éliminer la couche d'oxyde de surface et certains produits sont soumis à un recuit à basse température pour libérer les contraintes résiduelles.

Traitement de surface

Dépôt physique en phase vapeur (PVD) : appliquer un revêtement TiN ou CrN d'une épaisseur de 5 à 15 µm pour améliorer la résistance à la corrosion acide et à l'usure.

Dépôt chimique en phase vapeur (CVD) : utilisez un revêtement TiAlN ou Al_2O_3 , résistance à la température jusqu'à 1000°C, adapté aux environnements acides à haute température.

Polissage : Polissage mécanique ou électrochimique jusqu'à Ra < 0,2 µm pour réduire l'adhérence du milieu acide et la rugosité de surface.

Usinage de précision

Usinage CNC : à l'aide de machines-outils CNC à cinq axes, la précision est contrôlée à ± 0,02 mm pour traiter les surfaces d'étanchéité des vannes, les aubes de turbine et les parois intérieures des tuyaux.

par électroérosion (EDM) : utilisé pour les cavités internes complexes et les micro-trous, réduisant les zones affectées par la chaleur, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,1 µm .

Traitement laser : Aide à la finition, améliore la qualité de surface et la précision géométrique, particulièrement adapté aux pièces de haute précision.

Contrôle de la qualité

Test de dureté : Selon GB/T 16599, charge de 10 kg, précision ± 30 HV, garantissant une dureté uniforme.

Essais de corrosion : Immersion dans une solution à 98 % de H_2SO_4 ou à 37 % de HCl à 80 °C pendant 1 000 heures pour évaluer la perte de masse et les changements de surface.

Test de pression : Selon la norme ASME B16.34, appliquez 1,5 fois la pression de conception (jusqu'à 45 MPa) pour détecter les fuites et les déformations.

Essais de fatigue : simulez des cycles de pression de 0 à 20 MPa, > 10^5 cycles, évaluez la croissance des fissures.

5. Indicateurs de performance

Résistance à la corrosion : À 80°C, dans 98% H_2SO_4 , la vitesse de corrosion est < 0,01 mm/an ; lorsqu'elle contient 10 % de HCl, la résistance à la corrosion reste supérieure à 95 %.

Résistance à l'usure : taux d'usure < 0,02 mm^3 / N · m, résistant à l'érosion par particules acides à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

grande vitesse.

Résistance mécanique : résistance à la traction > 600 MPa à 800°C, ténacité à la rupture 10-15 MPa·m $^{1/2}$.

^{5} fois à un cycle de pression de 0 à 20 MPa, adaptable aux chocs thermiques et aux charges mécaniques.

Étanchéité : Conforme à la norme API 598, taux de fuite < 0,01 %.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmenter la teneur en Cr, Mo et Ni pour améliorer la résistance à la corrosion par piqûres, à la corrosion uniforme et à l'acide oxydant ; développer des alliages à haute entropie (tels que CoCrFeNiMo) pour améliorer les performances globales.

Technologie de revêtement : Un revêtement multicouche (par exemple, Ni-Cr + TiN) est utilisé pour améliorer la résistance à la corrosion acide et aux températures élevées. L'épaisseur peut être personnalisée entre 5 et 15 µm .

Traitement thermique : traitement de solution + processus de vieillissement, optimisation de la résistance à la corrosion des joints de grains et de la résistance mécanique, et réduction des contraintes résiduelles.

Traitement de surface : Polissage à Ra < 0,2 µm pour réduire l'adhérence des milieux acides ; introduction d'un nano-revêtement ou d'un revêtement anti-corrosion pour améliorer la durabilité.

Innovation de processus : l'impression 3D (SLM) permet la personnalisation de structures complexes, et l'IA optimise les paramètres de frittage et l'épaisseur du revêtement, réduisant ainsi la consommation d'énergie et améliorant l'efficacité.

Les composants des réacteurs acides en carbure cémenté résistants à la corrosion ont considérablement amélioré leur stabilité et leur durabilité en milieu acide grâce à des procédés de fabrication avancés et à une conception d'application ciblée. Alors que l'industrie chimique évolue vers des procédés à haute concentration d'acide et à haute température, l'optimisation du carbure cémenté (comme les nanorevêtements, les matériaux composites et la fabrication intelligente) continuera de stimuler ses progrès technologiques.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de pièces de réacteur acide en carbure cémenté résistantes à la corrosion, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Pompe chimique en carbure résistant à la corrosion

La pompe chimique en carbure résistant à la corrosion est un équipement de pompage conçu pour le transport de produits chimiques corrosifs. Ses principaux composants sont fabriqués en carbure résistant à la corrosion (tels que des alliages à base de carbure de tungstène ou des alliages contenant du tantale et du titane) afin de garantir un fonctionnement stable à long terme dans des environnements difficiles, avec des acides forts, des bases fortes, des températures élevées ou des particules. Vous trouverez ci-dessous une description détaillée des pièces du réacteur acide en carbure résistant à la corrosion, complétée et améliorée.

1. Caractéristiques techniques

Résistance à la corrosion

En ajoutant des éléments résistants aux acides tels que le chrome (Cr), le molybdène (Mo) et le nickel (Ni), et en appliquant des revêtements TiN , CrN ou TiAlN , les pompes chimiques en carbure cémenté résistantes à la corrosion présentent une excellente résistance à la corrosion dans l'acide sulfurique concentré (98 % H_2SO_4) , l'acide chlorhydrique (37 % HCl) et les environnements contenant du chlorure, avec un taux de corrosion aussi bas que 0,005-0,01 mm/an, ce qui est bien meilleur que l'acier inoxydable (0,05-0,1 mm/an).

Grâce à l'optimisation des alliages et à la conception des revêtements, les piqûres et la corrosion uniforme peuvent être réduites pour les acides oxydants forts (tels que l'acide nitrique HNO_3) et les acides réducteurs (tels que l'acide fluorhydrique HF).

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1800-2400, ce qui peut résister à l'usure des particules et à l'érosion, et le taux d'usure est contrôlé en dessous de 0,02 mm^3 / N · m, ce qui convient aux milieux acides à grande vitesse.

Résistance mécanique

La ténacité à la rupture atteint 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$, garantissant l'intégrité structurelle sous haute pression et choc thermique, et la résistance à la traction dépasse 600 MPa à 800°C.

Stabilité à haute température

Stable dans des environnements acides et à haute température de 100 à 300 °C (selon l'alliage et la conception), avec une résistance élevée au fluage thermique et à l'oxydation.

Résistance chimique

En optimisant la composition de l'alliage et le revêtement, la résistance aux acides oxydants et réducteurs forts est améliorée et la corrosion locale et uniforme est réduite.

2. Matériaux et qualités

Les pompes chimiques en carbure résistant à la corrosion sont disponibles en plusieurs nuances, adaptées aux besoins spécifiques des procédés chimiques. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Caractéristiques : Dureté HV 1900-2100, ténacité à la rupture 14-16 MPa·m $^{1/2}$, adapté aux environnements acides à concentration moyenne et faible (<30% H_2SO_4), taux de corrosion <0,01 mm/an, résistance à la température 600°C.

YT15A

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1900, résistance à haute température jusqu'à 800°C, adapté à l'acide à concentration moyenne (tel que 50% HCl), taux de corrosion <0,008 mm/an, forte résistance à l'oxydation.

YW1A

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-2000, résistance à haute température jusqu'à 950°C, adapté aux environnements à forte concentration d'acide et de chlorure, taux de corrosion < 0,005 mm/an, excellente résistance à l'érosion acide forte.

Matériel supplémentaire

Joints : Fabriqués en carbure de silicium (SiC), en nitrure de silicium (Si_3N_4) ou en fluoroplastiques (tels que PTFE, F46), résistants à la corrosion chimique.

Corps de pompe : Revêtement en acier inoxydable (304, 316) ou en fluoroplastique, associé à des composants en carbure.

Roue : Revêtement en carbure ou en céramique pour assurer la résistance à l'usure et à la corrosion.

3. Détails de l'application

Les pompes chimiques en carbure résistantes à la corrosion jouent un rôle essentiel dans de nombreux secteurs industriels. Leurs applications varient selon les conditions du fluide et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Production d'acide sulfurique

Scénario : Système de pompage pour procédé d'acide sulfurique de contact, traitant 98 % de H_2SO_4, température 500-700 °C, pression 20 MPa.

Exigences : Résister à la forte corrosion acide oxydante et à l'érosion particulaire à grande vitesse.

Produits typiques : Corps de pompe et roue, utilisant la nuance YW1A, taux de corrosion < 0,005 mm/an.

Avantages : La dureté élevée réduit l'usure, le revêtement améliore la résistance à la pénétration des acides.

Industrie du chlore et de la soude

Application : Systèmes de pompage pour électrolyseurs et réacteurs manipulant 37 % de HCl et de chlore (Cl_2) à des températures de 50 à 200 °C et des pressions de 10 à 15 MPa.

Exigences : Résistance à la corrosion par les chlorures et à l'oxydation à haute température.

Produits typiques : Composants de vannes et joints, utilisant la nuance YT15A, taux de corrosion < 0,008 mm/an.

Avantages : Anti-oxydation du chlore, durée de vie prolongée.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Produits pharmaceutiques et chimie fine

Application : Systèmes de pompage dans les réacteurs de synthèse, manipulation d'acide fluorhydrique (HF) ou d'acides mixtes, températures 100-300°C, pressions 15 MPa.

Exigences : Résistance à la corrosion par acide réducteur fort et usinage de haute précision.

Produits typiques : Pièces de turbine et de corps de pompe, utilisant la nuance YG6A, taux de corrosion < 0,01 mm/an.

Avantages : Haute ténacité pour s'adapter aux mouvements complexes, polissage de surface pour réduire les résidus.

Applications spéciales

Traitement des acides résiduaires : Pour traiter les acides résiduaires à haute concentration, il est nécessaire de résister à la corrosion mixte de plusieurs acides.

Réaction catalytique : support de catalyseur de soutien, qui doit être résistant aux températures élevées et chimiquement stable.

Défi : Les environnements à très haute température (> 1 000 °C) ou à acide ultra concentré (> 98 %) imposent des exigences plus élevées en matière de performances des matériaux.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des pompes chimiques en carbure résistantes à la corrosion allie science des matériaux de pointe et technologie de traitement de précision pour garantir leur performance en environnements fortement acides. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudres : Utiliser des poudres de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co) de haute pureté, ajouter des éléments résistants aux acides (Cr, Mo, Ni) et des durcisseurs (TiC , TaC). Mélanger au broyeur à boulets pendant 24 à 48 heures, contrôler la granulométrie entre 0,5 et 2 µm et maintenir la teneur en impuretés inférieure à 0,1 %.

Optimisation additive : des éléments de terres rares (tels que Ce et La) sont ajoutés pour affiner les grains, et des carbures à l'échelle nanométrique sont ajoutés pour améliorer la densité et la résistance à la corrosion.

Procédé de moulage

Pressage : En utilisant la technologie de pressage isostatique à froid (CIP), la pression est de 200 à 300 MPa et la densité de moulage atteint 60 à 70 % de la densité théorique.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : Le traitement thermique à 1300-1500°C et 100-200 MPa élimine les pores, augmente la densité à plus de 98% et améliore la résistance à la compression et à la pénétration acide.

Moulage de structures complexes : Pour les roues et les corps de pompe, des géométries complexes sont produites avec une précision de ± 0,05 mm à l'aide du moulage par injection ou de l'impression 3D (fusion laser sélective SLM).

Procédé de frittage

Frittage sous vide : Le frittage à 1400-1600°C pendant 1 à 2 heures dans un four sous vide favorise la liaison des particules de WC, élimine les impuretés du gaz et empêche l'oxydation.

Frittage en phase liquide : le cobalt fond pour former une phase liquide, remplissant les pores,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

améliorant la résistance du matériau et la résistance aux acides, et le temps de frittage est contrôlé avec précision pour optimiser **la taille des grains.**

Post-traitement : Le nettoyage au plasma est utilisé pour éliminer la couche d'oxyde de surface et certains produits sont soumis à un recuit à basse température pour libérer les contraintes résiduelles.

Traitement de surface

Dépôt physique en phase vapeur (PVD) : appliquer un revêtement TiN ou CrN d'une épaisseur de 5 à 15 µm pour améliorer la résistance à la corrosion acide et à l'usure.

Dépôt chimique en phase vapeur (CVD) : utilisez un revêtement TiAlN ou Al_2O_3 , résistance à la température jusqu'à 1000°C, adapté aux environnements acides à haute température.

Polissage : Polissage mécanique ou électrochimique jusqu'à Ra < 0,2 µm pour réduire l'adhérence du milieu acide et la rugosité de surface.

Usinage de précision

Usinage CNC : Le siège de soupape, les lames et la paroi intérieure du corps de la pompe sont usinés à l'aide d'une machine CNC à cinq axes avec une précision de ± 0,02 mm.

par électroérosion (EDM) : utilisé pour les cavités complexes et les micro-trous, réduisant la zone affectée thermiquement, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,1 µm .

Traitement laser : Aide à la finition, améliore la qualité de surface et la précision géométrique, particulièrement adapté aux composants de haute précision.

Contrôle de la qualité

Test de dureté : Selon GB/T 16599, charge de 10 kg, précision ± 30 HV, garantissant une dureté uniforme.

Essais de corrosion : Immersion dans une solution à 98 % de H_2SO_4 ou à 37 % de HCl à 80 °C pendant 1 000 heures pour évaluer la perte de masse et les changements de surface.

Test de pression : Selon la norme ASME B16.34, appliquez 1,5 fois la pression de conception (jusqu'à 45 MPa) pour détecter les fuites et les déformations.

Essai de fatigue : simule des cycles de pression de 0 à 20 MPa pendant > 10^5 cycles pour évaluer la croissance des fissures.

5. Indicateurs de performance

Résistance à la corrosion : À 80°C, dans 98% H_2SO_4 , la vitesse de corrosion est < 0,01 mm/an ; lorsqu'elle contient 10 % de HCl, la résistance à la corrosion reste supérieure à 95 %.

Résistance à l'usure : taux d'usure < 0,02 $mm^3 / N \cdot m$, résistant à l'érosion par particules acides à grande vitesse.

Résistance mécanique : Résistance à la traction > 600 MPa à 800°C, ténacité à la rupture 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$.

^{5} cycles de pression à 0-20 MPa, adaptables aux chocs thermiques et aux charges mécaniques.

Étanchéité : Conforme à la norme API 598, taux de fuite < 0,01 %.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmenter la teneur en Cr, Mo et Ni pour améliorer la résistance à la corrosion par piqûres, à la corrosion uniforme et à l'acide oxydant ; développer des alliages à haute entropie (tels que CoCrFeNiMo) pour améliorer les performances globales.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de revêtement : Un revêtement multicouche (par exemple Ni-Cr + TiN) est utilisé pour améliorer la résistance à la corrosion acide et aux températures élevées. L'épaisseur peut être personnalisée entre 5 et 15 µm .
Traitement thermique : Traitement de mise en solution + processus de vieillissement pour optimiser la résistance à la corrosion des joints de grains et la résistance mécanique et réduire les contraintes résiduelles.
Traitement de surface : Polissage à Ra < 0,2 µm pour réduire l'adhérence des milieux acides ; introduction d'un nano-revêtement ou d'un revêtement anti-corrosion pour améliorer la durabilité.
Innovation de processus : l'impression 3D (SLM) permet la personnalisation de structures complexes, et l'IA optimise les paramètres de frittage et l'épaisseur du revêtement, réduisant ainsi la consommation d'énergie et améliorant l'efficacité.

Les pompes chimiques en carbure résistant à la corrosion sont indispensables dans les industries chimiques, environnementales et minières grâce à leur excellente résistance à la corrosion, à l'usure et à la stabilité à haute température. Des nuances comme YW1A sont particulièrement adaptées aux environnements extrêmement corrosifs grâce à la présence de TaC , tandis que YG6A est plus adaptée aux conditions modérées. Grâce à des procédés de fabrication avancés et à une conception d'application ciblée, ces pompes ont considérablement amélioré leur stabilité et leur durabilité en milieu acide. À mesure que l'industrie chimique évolue vers des procédés à haute concentration d'acide et à haute température, l'optimisation continue (notamment par l'utilisation de nanorevêtements, de matériaux composites et de fabrication intelligente) stimulera ses progrès technologiques.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de pompes chimiques en carbure cémenté résistantes à la corrosion, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Vannes marines en carbure résistant à la corrosion

Les vannes marines en carbure cémenté résistant à la corrosion sont des vannes hautes performances, conçues spécifiquement pour l'ingénierie marine et l'exploitation des ressources en eaux profondes. Elles sont largement utilisées dans l'extraction pétrolière et gazière offshore, les systèmes de pipelines offshore et l'ingénierie sous-marine. Ces vannes sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). L'optimisation de la composition de l'alliage, la technologie de renforcement de surface et les procédés de fabrication de précision améliorent considérablement leur résistance à la corrosion marine, aux hautes pressions, à l'usure et à l'adhésion biologique. Le milieu marin implique des profondeurs d'eau allant de plusieurs centaines à plusieurs milliers de mètres (pressions allant jusqu'à 50 MPa), une eau de mer à forte salinité (contenant 3,5 % de NaCl), du sulfure d'hydrogène (H_2S) et des problèmes d'adhésion biologique. Les matériaux traditionnels tels que l'acier inoxydable ou les alliages de titane sont difficiles à satisfaire aux exigences d'une utilisation à long terme ; le carbure cémenté résistant à la corrosion constitue donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses scénarios d'application et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques en milieu marin.

1. Caractéristiques techniques

Résistance à la corrosion

En ajoutant des éléments résistants à la corrosion tels que le chrome (Cr), le molybdène (Mo) et le nickel (Ni), et en appliquant des revêtements TiN , CrN ou TiAlN , le carbure cémenté résistant à la corrosion présente une excellente résistance à la corrosion dans les environnements d'eau de mer à forte salinité, de chlorure et de sulfure, avec un taux de corrosion aussi bas que 0,01-0,02 mm/an, et une meilleure résistance à la corrosion H_2S que les matériaux traditionnels.

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1800-2500, ce qui peut résister à l'affouillement du gravier du fond marin et à l'usure des particules, et le taux d'usure est contrôlé en dessous de 0,03 $mm^3 / N \cdot m$.

Résistance mécanique

La ténacité à la rupture atteint 12-16 $MPa \cdot m^{1} / ^{2}$, garantissant l'intégrité structurelle dans des conditions de haute pression (20-50 MPa) et de vibrations, et la résistance à la traction dépasse 700 MPa à 800°C.

Anti-biofouling

Le traitement de surface (par exemple le polissage à Ra < 0,2 μm) combiné à un revêtement antimicrobien (par exemple TiN dopé à l'Ag) inhibe efficacement la fixation des organismes marins (par exemple les balanes, les algues) et réduit les besoins de maintenance.

Stabilité à basse température

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Il maintient la ténacité et la résistance à la rupture fragile dans les environnements à basse température des eaux profondes de -10°C à 4°C, et convient à une utilisation dans les eaux polaires.

2. Matériaux et qualités

Le carbure cémenté résistant à la corrosion a été développé en plusieurs nuances adaptées aux exigences des applications de vannes marines. Voici une présentation détaillée des différentes nuances et de leurs caractéristiques, couvrant les exigences de performance des différents environnements marins :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1900-2100, ténacité à la rupture 14-16 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,9 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 80 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1300 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.

Domaines d'application : Principalement utilisé en eaux peu profondes (0 à 500 m) ou dans des milieux peu corrosifs, comme les vannes en eau douce et en eau salée à faible concentration (< 1 % NaCl), comme les vannes de régulation de base des plateformes sous-marines. Convient aux conditions de travail à basse pression (< 20 MPa) et à moyenne et basse température (-10 °C à 400 °C).

Avantages : haute ténacité et résistance aux chocs, résistance à un environnement de faible corrosion, coût relativement faible, adapté à l'ingénierie marine initiale ou aux composants de vannes non critiques.

Limitations : La résistance à la corrosion est légèrement faible dans les environnements marins à forte salinité ou contenant du H_2S et doit être utilisée avec un revêtement.

YG8

Composition : WC 92 %, Co 8 %

Caractéristiques : Dureté HV 1850-2050, ténacité à la rupture 16-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1250 HV, taux d'usure < 0,035 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient aux vannes dans les eaux moyennes et peu profondes (0-1000 m), telles que les vannes de régulation dans les systèmes de canalisations marines, manipulant de l'eau de mer à salinité moyenne (1-3 % NaCl), avec une résistance à la pression de 20-30 MPa et une résistance à la température de 500°C.

Avantages : Ténacité supérieure à celle du YG6A, meilleure résistance aux chocs et à la fatigue, convient aux vannes à fortes charges dynamiques, telles que les vannes papillon ou les vannes à guillotine.

Limitations : Légèrement moins résistant à la forte corrosion, nécessite un revêtement PVD (tel que TiN) pour améliorer l'adaptabilité aux grands fonds.

YT15A

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1900, ténacité à la rupture 12-14 MPa·m $^{1/2}$, densité 11,5 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,035 mm ^{3} /N · m, forte résistance à l'oxydation.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Scénarios applicables : Convient aux vannes dans les environnements d'eau moyenne et profonde (500-2000 m), tels que les clapets anti-retour et les vannes à boisseau sphérique pour oléoducs sous-marins, manipulant de l'eau de mer à haute salinité (3,5 % NaCl), avec une résistance à la pression de 30-40 MPa et une résistance à la température de 800°C.

Avantages : Excellente résistance aux hautes températures et à l'oxydation, adapté au traitement de l'eau de mer oxygénée ou à haute température, bonne résistance à l'adhérence et à l'usure.

Limitation : des revêtements supplémentaires (tels que TiAlN) sont nécessaires pour améliorer la résistance à la corrosion dans les eaux ultra-profondes ou les environnements contenant du H_2S .

YT30

Composition : WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1800, ténacité à la rupture 14-16 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 11,2 g/cm^3 , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,04 $mm^3/N \cdot m$.

Scénarios applicables : Convient aux vannes en eau moyenne et profonde (1000-2500 m), telles que les vannes de régulation dans les systèmes de production sous-marins, résistantes à la corrosion modérée et aux températures élevées (600-900°C) et à la résistance à la pression de 35 MPa.

Avantages : Ténacité et résistance à la chaleur supérieures, adapté aux conditions de travail intermittentes à haute température, forte résistance à l'usure.

Limitations : Faible dureté, nécessite un revêtement pour améliorer la résistance à la corrosion en eaux profondes.

YW1A

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-2000, ténacité à la rupture 13-15 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm^3 , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1250 HV, taux d'usure < 0,032 $mm^3/N \cdot m$, résistance à la corrosion < 0,01 mm/an.

Scénarios applicables : Vannes adaptées aux environnements hautement corrosifs en haute mer (2000-5000 m), telles que les vannes à boisseau sphérique et les vannes à guillotine pour les plates-formes de forage en eau ultra-profonde, avec une résistance à la pression de 50 MPa, une résistance à la température de 950°C et une résistance aux chlorures et H_2 S.

Avantages : Excellentes performances globales, forte résistance à la corrosion et à l'adhérence biologique, adapté aux conditions marines extrêmes.

Limitations : Coût de fabrication élevé, nécessite un usinage de précision pour assurer l'étanchéité.

YW2

Composition : WC 75 %, TiC 12 %, TaC 3 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1750-1950, ténacité à la rupture 14-16 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 12,6 g/cm^3 , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,03 $mm^3/N \cdot m$, résistance à la corrosion < 0,012 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux vannes d'eau profonde (1500-4000 m), telles que les vannes d'arrêt d'urgence pour pipelines sous-marins, avec une résistance à la pression de 40-45 MPa et une résistance à la température de 900°C.

Avantages : Dureté et ténacité équilibrées, résistant à l'oxydation et à la corrosion à haute température, adapté au contrôle complexe des fluides.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Limitation : Un renforcement supplémentaire est nécessaire pour les conditions de pression ultra-élevée (> 50 MPa).

YG20C

Composition : WC 80 %, Co 20 %

Caractéristiques : Dureté HV 1650-1850, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,5 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 70 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,04 mm ^{3} /N · m, résistance à la corrosion < 0,015 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux vannes robustes dans les eaux peu profondes à moyennement profondes (0-2000 m), telles que les vannes de support pour les plates-formes sous-marines, avec une résistance à la pression de 30 MPa et une résistance à la température de 700 °C.

Avantages : Ténacité ultra élevée, forte résistance aux chocs et à la fatigue, adapté à l'environnement de charge dynamique.

Limitations : Résistance modérée à la corrosion, nécessite un revêtement pour une utilisation dans des environnements en haute mer.

3. Application

Les vannes marines en carbure résistant à la corrosion jouent un rôle essentiel dans divers domaines de l'ingénierie maritime. Leurs applications varient en fonction des conditions environnementales et des exigences opérationnelles. Voici une analyse détaillée :

Extraction de pétrole et de gaz en mer

Application : Appliqué aux plates-formes de forage en eaux ultra-profondes et aux systèmes de production sous-marins à des profondeurs d'eau de 2 000 à 5 000 m, tels que les champs pétrolifères du golfe du Mexique et de la mer du Nord, pour contrôler les milieux contenant du H_2S et à haute salinité.

Exigences : Doit résister à une pression élevée (20-50 MPa), à l'eau de mer corrosive et au sulfure d'hydrogène, et à une résistance à la température de 200-600 °C.

Produits typiques : vannes à boisseau sphérique et vannes à guillotine, utilisant la nuance YW1A, avec une résistance à la pression de 50 MPa et un taux de résistance à la corrosion de < 0,01 mm/an.

Avantages : L'étanchéité élevée réduit les fuites et la résistance à la corrosion H_2S améliore la sécurité.

Système de pipelines marins

Scénario : Vannes de régulation et clapets anti-retour pour oléoducs et gazoducs sous-marins, comme l'oléoduc en eau profonde de la mer de Chine méridionale.

Exigences : Immersion prolongée dans l'eau de mer (profondeur d'eau 500-3000 m), résistance à la corrosion et à la fatigue, résistance à la pression 30-40 MPa.

Produits typiques : vannes papillon et clapets anti-retour, utilisant la nuance YT15A, taux de résistance à la corrosion < 0,015 mm/an.

Avantages : Haute durabilité, résistance au biofouling et entretien réduit.

Ingénierie sous-marine

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Scénario : Vannes de régulation utilisées dans les fondations de plates-formes sous-marines et les systèmes de protection de câbles, tels que la construction de parcs éoliens en mer du Nord.
Exigences : Doit résister à la corrosion de l'eau de mer, aux basses températures et à l'attachement biologique, et résister à une pression de 20 à 30 MPa.
Produits typiques : vannes de régulation et vannes de raccordement, utilisant la nuance YG6A, taux de résistance à la corrosion < 0,02 mm/an.
Avantages : Haute ténacité pour s'adapter à un environnement complexe, traitement de surface pour prolonger la durée de vie.

Applications spéciales

Exploitation minière en haute mer : le contrôle des systèmes d'extraction de nodules polymétalliques nécessite une résistance à la corrosion due à de fortes concentrations d'ions métalliques.
Surveillance environnementale : Vannes de régulation pour équipements d'acquisition de données sous-marines, mettant l'accent sur la durabilité et la précision.
Défi : Les eaux ultra-profondes (> 5 000 m), les hautes pressions (> 50 MPa) et les températures extrêmement basses (< -10 ℃) imposent des exigences plus élevées aux performances des vannes.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des vannes marines en carbure résistant à la corrosion allie science des matériaux de pointe et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en milieu marin. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudres : Utiliser des poudres de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co) de haute pureté, ajouter des éléments résistants à la corrosion (Cr, Mo, Ni) et des durcisseurs (TiC , TaC). Mélanger au broyeur à boulets pendant 24 à 48 heures, contrôler la granulométrie entre 0,5 et 2 μm et maintenir la teneur en impuretés inférieure à 0,1 %.
Optimisation additive : des éléments de terres rares (tels que Ce et La) sont ajoutés pour affiner les grains, et des carbures à l'échelle nanométrique sont ajoutés pour améliorer la densité et la résistance à la corrosion.

Procédé de moulage

Pressage : Grâce à la technologie de pressage isostatique à froid (CIP), la poudre est pressée en ébauches avec une pression de 200 à 300 MPa et une densité de moulage de 60 à 70 % de la densité théorique.
Pressage isostatique à chaud (HIP) : Le traitement thermique à 1300-1500°C et 100-200 MPa élimine les pores, augmente la densité à plus de 98% et améliore la résistance à la compression.
Moulage de structures complexes : Pour les vannes à boisseau sphérique et les vannes papillon, la technologie de moulage par injection ou d'impression 3D (fusion laser sélective SLM) est utilisée pour produire des structures d'étanchéité complexes avec une précision de ± 0,05 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Procédé de frittage

Frittage sous vide : Le frittage à 1400-1600°C dans un four sous vide pendant 1 à 2 heures favorise la liaison des particules de WC, élimine les impuretés du gaz et empêche l'oxydation.

Frittage en phase liquide : le cobalt est fondu pour former une phase liquide qui remplit les pores et améliore la résistance du matériau et sa résistance à la corrosion. Le temps de frittage est contrôlé avec précision pour optimiser la granulométrie.

Post-traitement : Le nettoyage au plasma est utilisé pour éliminer la couche d'oxyde de surface et certains produits sont soumis à un recuit à basse température pour libérer les contraintes résiduelles.

Traitement de surface

Dépôt physique en phase vapeur (PVD) : appliquer un revêtement TiN ou CrN d'une épaisseur de 5 à 20 μm pour améliorer la résistance à la corrosion et à l'usure de l'eau de mer.

Dépôt chimique en phase vapeur (CVD) : Utilisation d' un revêtement TiAlN ou Al_2O_3 , résistance à la température jusqu'à 1000°C, adapté aux environnements à haute température en haute mer.

Polissage : Polissage mécanique ou électrochimique à Ra < 0,2 μm pour réduire l'attachement biologique et la rugosité de surface, combiné à un revêtement antibactérien pour inhiber la croissance des organismes marins.

Usinage de précision

Usinage CNC : à l'aide de machines-outils CNC à cinq axes, la précision est contrôlée à ± 0,02 mm pour traiter les surfaces d'étanchéité des vannes et les canaux d'écoulement.

par électroérosion (EDM) : utilisé pour les cavités internes complexes et les micro-trous, réduisant les zones affectées par la chaleur, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,1 μm .

Traitement laser : Facilite la finition, améliore la qualité de surface et la précision géométrique, particulièrement adapté aux vannes de haute précision.

Contrôle de la qualité

Test de dureté : Selon GB/T 16599, charge de 10 kg, précision ± 30 HV, garantissant une dureté uniforme.

Test de corrosion : Immersion dans une solution de NaCl à 80°C, 3,5% pendant 2000 heures pour simuler l'environnement de l'eau de mer afin d'évaluer la perte de masse et les changements de surface.

Test de pression : Selon la norme API 6A, appliquez 1,5 fois la pression de conception (maximum 75 MPa) pour détecter les fuites et les déformations.

Essais de fatigue : simulez des cycles de pression de 0 à 30 MPa, > 10^5 cycles et évaluez la croissance des fissures.

5. Indicateurs de performance

Résistance à la corrosion : Dans une solution à 3,5 % de NaCl à 80 °C, la vitesse de corrosion est < 0,02 mm/an ; lorsqu'elle contient 100 ppm de H_2S, la résistance à la corrosion reste supérieure à 90 %.

Résistance à l'usure : taux d'usure < 0,03 mm^3 / N · m, capable de résister à l'érosion par le gravier

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

du fond marin.

Résistance mécanique : résistance à la traction > 700 MPa à 800°C, ténacité à la rupture 12-16 MPa·m $^{1/2}$.

^{5} fois sous un cycle de pression de 0 à 30 MPa, adaptable aux charges de vibration en haute mer.

Étanchéité : Conforme à la norme API 6A, taux de fuite < 0,01 %.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmenter la teneur en Cr, Mo et Ni pour améliorer la résistance à la corrosion par piqûres, chlorure et H_2S ; développer des alliages à haute entropie (tels que CoCrFeNiMo) pour améliorer les performances globales.

Technologie de revêtement : Un revêtement multicouche (par exemple Ni-Cr + TiN) est utilisé pour améliorer la résistance à l'érosion marine et aux températures élevées. L'épaisseur peut être personnalisée de 5 à 20 µm .

Traitement thermique : traitement de solution + processus de vieillissement, optimisation de la résistance à la corrosion des joints de grains et de la résistance mécanique, et réduction des contraintes résiduelles.

Traitement de surface : Polissage à Ra < 0,2 µm pour réduire l'attachement biologique ; introduction d'un nano-revêtement ou d'un revêtement antibactérien pour améliorer la durabilité.

Innovation de processus : l'impression 3D (SLM) permet la personnalisation de structures d'étanchéité complexes, et l'IA optimise les paramètres de frittage et l'épaisseur du revêtement pour réduire la consommation d'énergie et améliorer l'efficacité.

Les vannes marines en carbure cémenté résistant à la corrosion ont considérablement amélioré la fiabilité et la sécurité de l'ingénierie en eaux profondes grâce à des procédés de fabrication avancés et à des conceptions d'applications ciblées. Alors que l'exploitation des ressources marines évolue vers des eaux ultra-profondes (> 5 000 m) et des environnements extrêmes, l'optimisation du carbure cémenté (comme les nanorevêtements, les matériaux composites et la fabrication intelligente) continuera de stimuler son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de vannes marines en carbure cémenté résistantes à la corrosion, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité ! Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com
🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Tuyau en carbure résistant à la corrosion

Aperçu

Tubes haute performance conçus pour les industries chimiques, pétrochimiques et connexes. Largement utilisés pour le transport d'acides forts (tels que l'acide sulfurique H_2SO_4 , l'acide chlorhydrique HCl), de fluides corrosifs à haute température et de mélanges gaz-liquide à haute pression, ces tubes sont fabriqués en carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). Grâce à l'optimisation de la composition de l'alliage, à la technologie de renforcement de surface et à des procédés de fabrication de précision, ils améliorent considérablement la résistance à la corrosion par acide fort, aux hautes températures, à l'usure et à la résistance mécanique. L'environnement des pipelines acides implique des températures élevées (500-1000 °C), des pressions élevées (10-40 MPa) et des fluides hautement corrosifs (tels que l'acide concentré et les composés chlorés). Les matériaux traditionnels tels que l'acier inoxydable ou les alliages de titane sont sujets à la corrosion lors d'une utilisation prolongée ; le carbure cémenté résistant à la corrosion constitue donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques en milieu acide.

1. Caractéristiques techniques

Résistance à la corrosion

En ajoutant des éléments résistants aux acides tels que le chrome (Cr), le molybdène (Mo) et le nickel (Ni), et en appliquant des revêtements TiN , CrN ou TiAlN , le carbure cémenté résistant à la corrosion présente une excellente résistance à la corrosion dans l'acide sulfurique concentré (98 % H_2SO_4) , l'acide chlorhydrique (37 % HCl) et les environnements contenant du chlorure, avec un taux de corrosion aussi bas que 0,005-0,01 mm/an, ce qui est bien meilleur que l'acier inoxydable (0,05-0,1 mm/an).

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1800-2400, ce qui peut résister à l'usure des particules et à l'érosion des fluides à grande vitesse, et le taux d'usure est contrôlé en dessous de 0,02 mm^3 / N · m.

Résistance mécanique

La ténacité à la rupture atteint 10-15 MPa·m^{1} / ^{2}, garantissant l'intégrité structurelle dans des conditions de haute pression et de cycle thermique, et la résistance à la traction dépasse 600 MPa à 800°C.

Stabilité à haute température

Il maintient des performances stables dans un environnement acide à haute température de 500 à 1 000 °C et présente une forte résistance au fluage thermique et à l'oxydation.

Résistance chimique

Pour les acides oxydants forts (tels que l'acide nitrique HNO_3) et les acides réducteurs (tels que l'acide fluorhydrique HF), la corrosion par piqûres, la corrosion uniforme et la fissuration par corrosion sous contrainte peuvent être réduites grâce à l'optimisation des alliages et à la conception des revêtements.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2. Matériaux et qualités

Le carbure cémenté résistant à la corrosion a été développé en plusieurs nuances pour répondre aux besoins variés des pipelines d'acide. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1900-2100, ténacité à la rupture 14-16 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,9 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 80 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1300 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m, taux de corrosion < 0,01 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux pipelines transportant des acides à concentration moyenne et faible (tels que < 30 % H_2SO_4) ou des environnements à basse température (< 600 °C), avec une résistance à la pression de 10 à 20 MPa, et adapté au traitement chimique primaire.

Avantages : haute ténacité et résistance aux chocs, faible coût, adapté aux conditions acides non extrêmes.

Limitations : Résistance limitée à la corrosion dans des concentrations d'acide élevées ou à des températures élevées, nécessite un revêtement.

YG8

Composition : WC 92 %, Co 8 %

Caractéristiques : Dureté HV 1850-2050, ténacité à la rupture 16-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1250 HV, taux d'usure < 0,035 mm ^{3} /N · m, taux de corrosion < 0,012 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux pipelines transportant des acides à concentration moyenne (tels que 30 à 50 % de HCl) ou des environnements à température moyenne (< 700 °C), avec une résistance à la pression de 15 à 25 MPa, adapté à la section intermédiaire de l'industrie pétrochimique.

Avantages : La ténacité est meilleure que celle du YG6A, la résistance à la fatigue est forte et il convient aux pipelines à charge dynamique.

Limitation : Un support de revêtement supplémentaire est nécessaire pour résister à la corrosion acide forte.

YT15A

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1900, ténacité à la rupture 12-14 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,035 mm ^{3} /N · m, taux de corrosion < 0,008 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux pipelines qui transportent des acides à haute concentration (tels que 50 % H_2SO_4) ou des environnements à haute température (< 800 °C), avec une résistance à la pression de 20 à 30 MPa, adapté à l'industrie du chlore et de la soude et aux réactions à haute température.

Avantages : Forte résistance aux hautes températures et à l'oxydation, bonne résistance à l'adhérence et à l'usure.

Un renforcement du revêtement est nécessaire dans les environnements contenant des acides extrêmement concentrés ou du H_2 S.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YT30

Composition : WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1800, ténacité à la rupture 14-16 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,2 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,04 mm ^{3} /N · m, taux de corrosion < 0,01 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux pipelines transportant des acides mixtes à haute température (tels que HNO_3 + H_2SO_4) ou des environnements intermittents à haute température (600-900°C), avec une résistance à la pression de 25-35 MPa.

Avantages : Résistance à la chaleur et ténacité équilibrées, résistance à l'oxydation à haute température.

Limitations : Faible dureté, nécessite un revêtement pour améliorer la résistance à l'usure.

YW1A

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-2000, ténacité à la rupture 13-15 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1250 HV, taux d'usure < 0,032 mm ^{3} /N · m, taux de corrosion < 0,005 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux pipelines qui transportent des acides ultra-concentrés (tels que 98 % H_2SO_4) ou des environnements hautement corrosifs contenant des chlorures (< 950 ° C) , avec une résistance à la pression de 30 à 40 MPa, et conviennent à la section centrale de l'industrie chimique acide.

Avantages : Excellente résistance aux acides forts et aux températures élevées, forte résistance à l'adhésion biologique.

Limitations : Coût de fabrication élevé et nécessite un usinage de précision.

YW2

Composition : WC 75 %, TiC 12 %, TaC 3 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1750-1950, ténacité à la rupture 14-16 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,6 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m, taux de corrosion < 0,007 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux pipelines transportant de l'acide fort à haute température (tel que 70 % HF) ou des milieux acides complexes (< 900 °C), avec une résistance à la pression de 25 à 35 MPa.

Avantages : Résistant à l'oxydation et à la corrosion à haute température, adapté aux environnements mixtes multi-acides.

Limitations : Un renforcement structurel est nécessaire pour les pressions ultra-élevées (> 40 MPa).

YG20C

Composition : WC 80 %, Co 20 %

Caractéristiques : Dureté HV 1650-1850, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 70 W/ m·K . Dureté à haute température (800°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,04 mm ^{3} /N · m, taux de corrosion < 0,015 mm/an.

Scénarios applicables : Convient aux pipelines transportant des acides à concentration moyenne et faible ou des environnements à forte charge (< 700 °C), avec une résistance à la pression de 20 à 30 MPa, adapté aux pipelines auxiliaires chimiques.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Avantages : Très haute ténacité, forte résistance aux chocs et à la fatigue.
Limitations : Résistance modérée à la corrosion, nécessite un revêtement pour améliorer l'adaptabilité aux acides profonds.

3. Détails de l'application

Les tubes acides en carbure cémenté résistants à la corrosion jouent un rôle essentiel dans de nombreux secteurs industriels. Leurs applications varient selon les conditions du milieu et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Production d'acide sulfurique

Scénario : Appliqué aux pipelines transportant 98 % de H_2SO_4 , avec une température de 500 à 700 °C et une pression de 15 à 25 MPa.
Exigences : Doit résister à une forte corrosion acide oxydante et à un débit élevé.
Produits typiques : Tubes revêtus, utilisant la nuance YW1A, taux de résistance à la corrosion < 0,005 mm/an.
Avantages : La haute résistance à la corrosion réduit les fuites.

Industrie du chlore et de la soude

Scénario : Utilisé pour transporter 37 % de HCl et de chlore gazeux, température 50-200 °C, pression 10-15 MPa.
Exigences : Résistance à la corrosion par les chlorures et à l'oxydation à haute température.
Produits typiques : Sections de tuyaux résistants aux acides, utilisant la nuance YT15A, taux de résistance à la corrosion < 0,008 mm/an.
Avantages : résistance aux hautes températures, anti-oxydation.

Produits pharmaceutiques et chimie fine

Scénario : Transport d'HF ou d'acide mixte, température 100-300°C, pression 10-20 MPa.
Exigences : Résistance à la corrosion par des acides réducteurs forts.
Produits typiques : Tubes spéciaux, utilisant la nuance YG6A, taux de résistance à la corrosion < 0,01 mm/an.
Avantages : haute précision, moins de résidus.

Applications spéciales

Traitement des acides résiduaires : transport des acides résiduaires à haute concentration et résistance à la corrosion polyacide.
Réaction haute pression : Supporte les fluides acides à haute température et haute pression, avec une résistance à la pression de > 40 MPa.
Défi : Les températures ultra-élevées (> 1000 °C) ou les acides ultra-concentrés imposent des exigences plus élevées aux matériaux.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des tubes acides en carbure cémenté résistants à la corrosion allie science

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

des matériaux de pointe et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en milieu acide. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez des poudres WC et Co de haute pureté, ajoutez des éléments résistants aux acides (tels que Cr, Mo, Ni) et des durcisseurs (tels que TiC , TaC), broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et la taille des particules est de 0,5 à 2 μm .

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour affiner les grains et des nanocarbures sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité supérieure à 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit partiel pour la détente des contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou CrN , 5-15 μm , résistant à la corrosion acide.

MCV : Revêtement TiAlN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 1000° C.

Polissage : Ra < 0,2 μm , pour réduire l'adhérence du support.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,02 mm, usinage paroi intérieure.

EDM : cavité interne complexe, Ra 0,1 μm .

Traitement laser : amélioration de la qualité de surface.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Essai de corrosion : 80°C, 98% H_2SO_4 , 1000 heures.

Essai de pression : ASME B16.34, 1,5 fois la pression.

Essai de fatigue : 0-20 MPa, $>10^5$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à la corrosion : 80°C, 98% H_2SO_4 , < 0,01 mm/an.

Résistance à l'usure : < 0,02 mm^3 / N · m.

Résistance mécanique : 800°C, >600 MPa, 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Durée de vie en fatigue : $>10^5$ fois.

Étanchéité : API 598, <0,01 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : ajoutez du Cr, du Mo et du Ni pour développer des alliages à haute entropie.
Technologie de revêtement : Multicouche Ni-Cr + TiN , 5-15 μm .
Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.
Traitement de surface : Ra < 0,2 μm , nano-revêtement.
Innovation de procédé : impression 3D, paramètres d'optimisation de l'IA.

Les tubes en carbure résistant à la corrosion améliorent considérablement leur stabilité et leur durabilité en milieu acide grâce à des procédés et une conception d'application avancés. À mesure que l'industrie chimique évolue vers des procédés à haute concentration d'acide et à haute température, l'optimisation du carbure continuera de stimuler le progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de tuyaux d'acide en carbure cémenté résistants à la corrosion, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Forets miniers en carbure à gros grains

Aperçu

Les forets miniers en carbure cémenté à gros grains sont des forets hautes performances et résistants à l'usure, spécialement conçus pour l'industrie minière. Ils sont largement utilisés dans les mines à ciel ouvert, les mines souterraines et l'exploitation minière en roche dure. Ces forets sont fabriqués à partir de carbure cémenté à gros grains (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co, avec une granulométrie de 5 à 10 μm). L'optimisation de la formule de l'alliage et du procédé de renforcement a permis d'améliorer considérablement la résistance à l'usure, aux chocs et à la fracture. L'environnement minier est caractérisé par des formations rocheuses très dures (comme le granite et le quartzite), des charges d'impact élevées (des milliers de Newtons) et des températures élevées (200 à 600 °C). Les matériaux traditionnels, comme les forets à base d'acier, résistent difficilement à l'usure et à la fracture à long terme ; le carbure cémenté à gros grains constitue donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques dans le secteur minier.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1200-1600, la granulométrie est de 5 à 10 μm , la résistance à l'usure est améliorée, le taux d'usure est contrôlé en dessous de 0,05 mm^3 / N · m et il convient au forage de formations rocheuses à haute dureté.

Résistance aux chocs

La ténacité à la rupture est de 15 à 25 $MPa \cdot m^{1/2}$, ce qui est meilleur que les alliages à grains fins et peut supporter des charges d'impact élevées (> 5 000 N) sans effondrement des bords.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 500 MPa à 600 °C, et il présente une forte résistance à la fatigue thermique et convient aux cycles fréquents de perçage-retrait.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans les environnements miniers à haute température de 200 à 600 °C, résistant à la fissuration thermique et à l'oxydation.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du molybdène (Mo) ou du chrome (Cr), le taux de corrosion dans les environnements de scories aqueux ou acides est inférieur à 0,02 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Le carbure cémenté à gros grains a été développé en différentes nuances pour répondre aux besoins variés des forets miniers. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG11C

Composition : WC 89 %, Co 11 %

Caractéristiques : Dureté HV 1350-1450, ténacité à la rupture 20-22 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 14,4 g/cm^3 , conductivité thermique environ 70 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 900 HV, taux d'usure < 0,06 mm^3 /N · m, granulométrie 6-8 μm .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Scénarios applicables : Convient au forage dans des formations rocheuses moyennement dures (telles que le calcaire et le granit), charge d'impact 3000-5000 N, résistance à la température 400°C, convient à l'exploitation minière à ciel ouvert.

Avantages : haute ténacité et résistance aux chocs, résistance à l'usure modérée, rapport qualité-prix élevé .

Limitations : Résistance à l'usure légèrement plus faible dans les formations rocheuses ultra-dures ou à haute température.

YG15C

Composition : WC 85 %, Co 15 %

Caractéristiques : Dureté HV 1300-1400, ténacité à la rupture 22-25 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,0 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 850 HV, taux d'usure < 0,05 mm ^{3} /N · m, granulométrie 7-10 μm .

Scénarios applicables : Convient au forage dans des formations rocheuses à haute dureté (telles que le quartzite et le basalte), charge d'impact 5000-8000 N, résistance à la température 500°C, convient au forage de trous profonds dans les mines souterraines.

Avantages : Ténacité ultra élevée, résistance aux chocs importants et aux fractures, forte durabilité.

Limitations : Faible dureté, la conception des bords de coupe doit être optimisée.

YC40

Composition : WC 75 %, Co 15 %, TaC 5 %, TiC 5 %

Caractéristiques : Dureté HV 1250-1350, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 800 HV, taux d'usure < 0,07 mm ^{3} /N · m, granulométrie 8-10 μm .

Scénarios applicables : Convient au forage dans des formations rocheuses ultra-dures (telles que la diabase, le minerai de fer), charge d'impact 8000-10000 N, résistance à la température 600°C, convient à l'exploitation minière à haute intensité.

Avantages : Résistance élevée aux températures et à la corrosion, adapté aux zones minières complexes.

Limites : Résistance à l'usure modérée, nécessite un entretien régulier.

YG20C

Composition : WC 80 %, Co 20 %

Caractéristiques : Dureté HV 1250-1350, ténacité à la rupture 23-25 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 850 HV, taux d'usure < 0,06 mm ^{3} /N · m, granulométrie 5-7 μm .

Scénarios applicables : Convient au forage avec de lourdes charges et des impacts fréquents, tels que les veines de charbon et les formations rocheuses molles et dures alternées, charge d'impact 4000-6000 N, résistance à la température 450°C.

Avantages : ténacité extrêmement élevée, résistance aux grandes déformations, adapté aux conditions difficiles.

Limitations : Légèrement moins résistant à l'usure, nécessite un traitement de surface optimisé.

YC45

Composition : WC 70 %, Co 15 %, TaC 10 %, TiC 5 %

Caractéristiques : Dureté HV 1200-1300, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

13,2 g/cm ³ , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 750 HV, taux d'usure < 0,08 mm ³ /N · m, granulométrie 9-10 μm .
Scénarios applicables : Convient au forage dans des roches extrêmement dures (telles que la couche de diamant), charge d'impact 10 000-12 000 N, résistance à la température 600 °C, convient à l'exploitation minière en profondeur.
Avantages : Résistance élevée aux températures et aux chocs, adaptée aux conditions ultra-dures.
Limites : coût élevé et traitement difficile.

3. Détails de l'application

Les forets miniers en carbure à gros grains jouent un rôle essentiel dans divers domaines miniers. Leurs applications varient selon les conditions de la roche et les exigences opérationnelles. Voici une analyse détaillée :

Exploitation minière à ciel ouvert

Application : Utilisé pour l'extraction de calcaire, de granit et d'autres formations rocheuses moyennement dures, avec une profondeur de 0 à 200 m et une température de 20 à 300 °C.
Exigences : résistance aux chocs et à l'usure, résistance à la pression 10-20 MPa.
Produits typiques : Forets composites PDC, utilisant la nuance YG11C, résistance à l'usure < 0,06 mm³ / N · m.
Avantages : Perçage efficace et grande durabilité.

Forage de trous profonds dans les mines souterraines

Scénario : Utilisé pour le forage profond dans le quartzite et le basalte, profondeur 500-2000 m, température 200-500°C.
Exigences : Haute résistance aux chocs et à la fracture, résistance à la pression 20-30 MPa.
Produits typiques : Fraises à molette, fabriquées en qualité YG15C, résistantes aux chocs jusqu'à 8 000 N.
Avantages : haute ténacité, adaptable aux formations complexes.

Exploitation minière des métaux

Application : Utilisé dans les couches de minerai à haute dureté telles que le minerai de fer et le minerai de cuivre, avec une profondeur de 1 000 à 3 000 m et une température de 300 à 600 °C.
Exigences : Résistance aux hautes températures et à la corrosion, résistance à la pression 30-40 MPa.
Produits typiques : Foret conique, utilisant la nuance YC40, résistance à la température 600°C.
Avantages : résistant à la chaleur et à l'usure.

Applications spéciales

Exploitation du méthane de houille : le forage dans des veines de charbon alternant entre tendres et dures nécessite une résistance à la déformation.
Prospection en profondeur : le forage dans les couches de diamants nécessite une ténacité ultra élevée.
Défi : les roches ultra-profondes (> 3000 m) ou ultra-dures imposent des exigences plus élevées aux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

matériaux.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des forets miniers en carbure à gros grains allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en environnement minier. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : sélectionnez de la poudre de WC à gros grains (5-10 μm) et de Co, ajoutez du TaC et du TiC pour améliorer la ténacité, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et uniformisez la taille des particules.

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour affiner les joints de grains et améliorer la résistance aux chocs.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : revêtement TiN ou CrN , 5-15 μm , résistant à l'usure.

CVD : Revêtement TiAlN , résistant à la température jusqu'à 600°C.

Polissage : Ra < 0,4 μm , réduit l'adhérence abrasive.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,02 mm, usinage du tranchant.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,1 μm .

Traitement laser : améliore la qualité des bords de coupe.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Essai d'abrasion : formation rocheuse simulée, 1000 heures.

Essai d'impact : 5000 N, pour détecter l'écaillage des bords.

Essai de fatigue : 0-20 MPa, $>10^5$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : < 0,05 mm^3 / N · m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Résistance aux chocs : 15-25 MPa·m ¹ / ² .
Résistance mécanique : 600°C, >500 MPa.
Durée de vie en fatigue : >10 ⁵ fois.
Résistance à la chaleur : 600°C, dégradation des performances <20%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmentez la teneur en Co pour améliorer la ténacité, ajoutez du TaC pour résister à la fissuration thermique.
Technologie de revêtement : Multicouche TiN + CrN , 5-15 μm .
Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.
Traitement de surface : Ra < 0,4 μm , revêtement anti-usure.
Innovation de procédé : l'impression 3D optimise la forme de la lame, l'IA contrôle le frittage.

Les forets miniers en carbure à gros grains ont considérablement amélioré l'efficacité et la durabilité de l'exploitation minière grâce à des procédés et une conception d'application avancés. À mesure que la technologie d'exploitation minière profonde se développe, l'optimisation du carbure continuera de stimuler son développement.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de forets miniers en carbure cémenté à grains moyens et grossiers , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité ! Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marteau de concassage en carbure à grains moyens et grossiers

Aperçu

Les marteaux concasseurs en carbure à grains moyens et gros sont des outils résistants à l'usure et performants, conçus pour les secteurs de la construction, de l'exploitation minière et du concassage. Ils sont largement utilisés pour le concassage des roches dures, du béton et des minerais. Ces marteaux sont fabriqués en carbure à grains moyens (2-5 μm) ou gros (5-10 μm) (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). L'optimisation de la formule de l'alliage et du processus de renforcement permet d'améliorer considérablement la résistance à l'usure, aux chocs et à la rupture. L'environnement de concassage implique des matériaux de dureté élevée (dureté Mohs 6-8), des charges d'impact élevées (de plusieurs milliers à plusieurs dizaines de milliers de Newtons) et des températures élevées (200-500 °C). Les marteaux traditionnels en acier ou en alliage à grains fins résistent difficilement à l'usure et à la rupture à long terme ; les carbures à grains moyens et gros constituent donc un choix idéal. Cet article discutera en détail de ses caractéristiques techniques, de ses scénarios d'application et de ses processus de fabrication pour démontrer ses avantages techniques dans les opérations de concassage.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

Dureté cristalline moyenne HV 1400-1800, dureté cristalline grossière HV 1200-1600, granulométrie 2-5 μm et 5-10 μm respectivement, taux d'usure contrôlé à 0,04-0,06 mm^3 / N · m, adapté au broyage de matériaux à haute dureté.

Résistance aux chocs

La ténacité à la rupture des alliages à grains moyens est de 12 à 18 $MPa·m^{1/2}$ et celle des alliages à grains grossiers est de 15 à 25 $MPa·m^{1/2}$, ce qui est supérieur à celui des alliages à grains fins et peut supporter des charges d'impact élevées (5 000 à 12 000 N) sans se casser facilement.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 450-550 MPa à 500°C, et il présente une forte résistance à la fatigue thermique et peut s'adapter à des cycles d'impact fréquents.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans des environnements de broyage à haute température de 200 à 500 °C, résiste à la fissuration thermique et à une légère oxydation.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du molybdène (Mo) ou du chrome (Cr), le taux de corrosion dans les environnements de scories aqueux ou acides est inférieur à 0,02 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Le carbure cémenté à grains moyens et grossiers a été développé en différentes nuances pour répondre aux besoins variés des têtes de marteaux de concassage. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG8C (microcristallin)

Composition : WC 92 %, Co 8 %

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Caractéristiques : Dureté HV 1500-1600, ténacité à la rupture 15-17 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 14,7 g/cm ³ , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,05 mm ³ /N · m, granulométrie 3-5 μm .

Scénarios applicables : Convient pour le concassage de matériaux moyennement durs (tels que le béton, le grès), charge d'impact 5000-7000 N, résistance à la température 400°C, convient à la démolition de bâtiments et à l'exploitation minière de petite et moyenne taille.

Avantages : Dureté et ténacité équilibrées, bonne résistance à l'usure et faible coût de traitement.

Limitations : Durabilité limitée dans les roches très dures ou sous fort impact.

YG11C (grain grossier)

Composition : WC 89 %, Co 11 %

Caractéristiques : Dureté HV 1350-1450, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 14,4 g/cm ³ , conductivité thermique environ 70 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 900 HV, taux d'usure < 0,06 mm ³ /N · m, granulométrie 6-8 μm .

Scénarios applicables : Convient pour le concassage de couches de roche de dureté moyenne et élevée (telles que le granit et le calcaire), charge d'impact 7000-9000 N, résistance à la température 450°C, convient aux mines à ciel ouvert et aux grands concasseurs.

Avantages : haute ténacité, forte résistance aux chocs, forte durabilité et rapport qualité -prix élevé .

Limitations : La dureté est légèrement inférieure et la conception du tranchant doit être optimisée.

YT15C (Microtek)

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 13-15 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 11,5 g/cm ³ , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,04 mm ³ /N · m, granulométrie 2-4 μm .

Scénarios applicables : Convient pour le concassage de matériaux résistants à la chaleur (tels que le béton traité à haute température), charge d'impact 6000-8000 N, résistance à la température 500°C, convient au traitement des déchets industriels.

Avantages : résistance aux températures élevées et à l'oxydation, efficacité de coupe élevée.

Limitations : Légèrement moins résistant, nécessite une structure de support.

YG15C (grain grossier)

Composition : WC 85 %, Co 15 %

Caractéristiques : Dureté HV 1300-1400, ténacité à la rupture 22-25 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 14,0 g/cm ³ , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 850 HV, taux d'usure < 0,05 mm ³ /N · m, granulométrie 7-10 μm .

Scénarios applicables : Convient pour le concassage de couches de roche à haute dureté (telles que le quartzite et le basalte), charge d'impact 9000-11000 N, résistance à la température 500°C, convient à l'exploitation minière profonde et au concassage lourd.

Avantages : ténacité ultra élevée, résistance aux chocs importants et aux fractures, longue durée de vie.

Limite : Faible dureté, un réaffûtage régulier des bords est nécessaire.

YC40 (grain grossier)

Composition : WC 75 %, Co 15 %, TaC 5 %, TiC 5 %

Caractéristiques : Dureté HV 1250-1350, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m ¹ / ² , masse volumique

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

13,5 g/cm ³ , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 800 HV, taux d'usure < 0,07 mm ³ /N · m, granulométrie 8-10 μm .

Scénarios applicables : Convient pour le concassage de matériaux ultra-durs (tels que le minerai de fer, la diabase), charge d'impact 10 000-12 000 N, résistance à la température 550 °C, convient à l'extraction de métaux.

Avantages : Résistance élevée aux températures et à la corrosion, adapté aux zones minières complexes.

Limitations : Résistance à l'usure modérée, nécessite une amélioration du revêtement.

YC45 (grain grossier)

Composition : WC 70 %, Co 15 %, TaC 10 %, TiC 5 %

Caractéristiques : Dureté HV 1200-1300, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 13,2 g/cm ³ , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 750 HV, taux d'usure < 0,08 mm ³ /N · m, granulométrie 9-10 μm .

Scénarios applicables : Convient pour le concassage de matériaux avec une dureté extrême (comme la couche de diamant), charge d'impact 12000-15000 N, résistance à la température 600°C, convient pour le concassage profond et à haute résistance.

Avantages : Ténacité et résistance à la chaleur extrêmement élevées, adaptable aux conditions ultra-dures.

Limites : coût élevé et traitement complexe.

3. Détails de l'application

Les marteaux concasseurs en carbure à grains moyens et grossiers jouent un rôle essentiel dans de nombreux domaines. Leurs applications varient selon les conditions des matériaux et les exigences opérationnelles. Voici une analyse détaillée :

Démolition de bâtiments

Scénario : Concassage de béton, murs en briques, température 20-200°C, charge d'impact 5000-7000 N.

Exigences : Résistance à l'usure et aux chocs, résistance à la pression 10-15 MPa.

Produits typiques : tête de marteau, utilisant la nuance YG8C, résistance à l'usure < 0,05 mm³ / N · m.

Avantages : broyage efficace, durable.

Exploitation minière à ciel ouvert

Application : Concassage de calcaire et de granit, température 200-400°C, charge d'impact 7000-9000 N.

Exigences : Haute résistance aux chocs, résistance à la pression 15-25 MPa.

Produits typiques : Tête de marteau robuste, fabriquée en qualité YG11C, résistance aux chocs 9000 N.

Avantages : haute ténacité et longue durée de vie.

Concassage de minerais métalliques

Scénario : Broyage de minerai de fer et de minerai de cuivre, température 300-500°C, charge d'impact 10000-12000 N.

Exigences : Résistance aux hautes températures et à la corrosion, résistance à la pression 20-30 MPa.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Produits typiques : Tête de marteau résistante à la chaleur, utilisant la qualité YC40, résistance à la température jusqu'à 550°C.

Avantages : résistant à la chaleur et à l'usure.

Applications spéciales

Traitement des déchets : Le broyage des déchets industriels nécessite une résistance à l'usure multiple.

Concassage en profondeur : le traitement des couches de diamant nécessite une ténacité ultra élevée.

Défi : Des impacts extrêmement élevés (> 15 000 N) ou des températures élevées (> 600 °C) imposent des exigences plus élevées au matériau.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des marteaux concasseurs en carbure à grains moyens et grossiers allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance dans les environnements de concassage. Voici le détail des processus et des points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez de la poudre de WC à grains moyens ou grossiers (2 à 10 μm) et de Co, ajoutez du TaC et du TiC pour améliorer la ténacité, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et uniformisez la taille des particules.

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : revêtement TiN ou CrN , 5-15 μm , résistant à l'usure.

CVD : Revêtement TiAlN , résistant à la température jusqu'à 600°C.

Polissage : Ra < 0,4 μm , réduit l'adhérence abrasive.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,02 mm, surface de travail d'usinage.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,1 μm .

Traitement laser : améliore la qualité des bords de coupe.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Essai d'abrasion : roche simulée, 1000 heures.

Essai d'impact : 10 000 N, pour détecter l'écaillage des bords.

Essai de fatigue : 0-20 MPa, $>10^5$ fois.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,04-0,06 mm^3 / N · m.
Résistance aux chocs : 12-25 $MPa \cdot m^{1/2}$.
Résistance mécanique : 500°C, >450-550 MPa.
Durée de vie en fatigue : $>10^5$ fois.
Résistance à la chaleur : 500°C, dégradation des performances <20%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmentez la teneur en Co et ajoutez du TaC / TiC pour améliorer la ténacité et la résistance à la chaleur.
Technologie de revêtement : Multicouche TiN + CrN , 5-15 µm .
Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.
Traitement de surface : Ra < 0,4 µm , revêtement anti-usure.
Innovation de procédé : l'impression 3D optimise la forme, l'IA contrôle le frittage.

Les têtes de marteaux de concassage en carbure à grains moyens et grossiers ont considérablement amélioré leur efficacité de concassage et leur durabilité grâce à une technologie et une conception d'application avancées. Face à la demande croissante en concassage à haute résistance, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de marteaux concasseurs en carbure cémenté à grains moyens et grossiers , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Outils de creusement de tunnels en carbure cémenté à grains moyens et grossiers

Aperçu

Les outils d'excavation en carbure cémenté à grains moyens et grossiers sont des outils haute performance conçus pour la construction de tunnels, l'exploitation minière et les projets d'excavation de roches. Ils sont largement utilisés pour l'excavation de tunnels en roche dure, l'excavation de tunnels dans les mines de charbon et l'excavation de strates complexes. Ces outils sont fabriqués à partir de carbure cémenté à grains moyens (2-5 μm) ou grossiers (5-10 μm) (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). L'optimisation de la formule de l'alliage et du processus de renforcement a permis d'améliorer considérablement la résistance à l'usure, aux chocs et à la rupture. L'environnement d'excavation implique des formations rocheuses de dureté élevée (dureté Mohs 6-9), des charges d'impact élevées (5 000-15 000 N) et des températures élevées (200-600 °C). Les outils traditionnels en acier ou en alliage à grains fins résistent difficilement à l'usure et à la rupture à long terme ; le carbure cémenté à grains moyens et grossiers constitue donc un choix idéal. Cet article discutera en détail de ses caractéristiques techniques, de ses scénarios d'application et de ses processus de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques dans les opérations d'excavation.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

La dureté à grains moyens est HV 1400-1800, la dureté à grains grossiers est HV 1200-1600, les tailles de grains sont respectivement de 2 à 5 μm et de 5 à 10 μm , et le taux d'usure est contrôlé à 0,04-0,06 $mm^3 / N \cdot m$, ce qui convient à l'excavation dans des formations rocheuses à haute dureté.

Résistance aux chocs

La ténacité à la rupture des alliages à grains moyens est de 12 à 18 $MPa \cdot m^{1/2}$ et celle des alliages à grains grossiers est de 15 à 25 $MPa \cdot m^{1/2}$, ce qui est supérieur à celui des alliages à grains fins et peut supporter des charges d'impact élevées (5 000 à 15 000 N) sans se casser facilement.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 450-550 MPa à 500°C, et elle présente une forte résistance à la fatigue thermique et aux vibrations, s'adaptant aux charges dynamiques lors de l'excavation.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans les environnements de tunnels à haute température de 200 à 600 °C, résiste aux fissures thermiques et à une légère oxydation.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du molybdène (Mo) ou du chrome (Cr), le taux de corrosion dans les environnements de scories aqueux ou acides est inférieur à 0,02 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les carbures cémentés à grains moyens et grossiers ont été développés en différentes nuances pour répondre aux besoins variés des outils de creusement de tunnels. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG8C (microcristallin)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Composition : WC 92 %, Co 8 %

Caractéristiques : Dureté HV 1500-1600, ténacité à la rupture 15-17 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,05 mm ^{3} /N · m, granulométrie 3-5 μm .

Scénarios applicables : Convient à l'excavation de formations rocheuses moyennement dures (telles que le grès et le schiste), charge d'impact 5000-7000 N, résistance à la température 400°C, convient aux projets de tunnels de petite et moyenne taille.

Avantages : Dureté et ténacité équilibrées, bonne résistance à l'usure et faible coût de traitement.

Limitations : Durabilité limitée dans les roches très dures ou sous fort impact.

YG11C (grain grossier)

Composition : WC 89 %, Co 11 %

Caractéristiques : Dureté HV 1350-1450, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,4 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 70 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 900 HV, taux d'usure < 0,06 mm ^{3} /N · m, granulométrie 6-8 μm .

Scénarios applicables : Convient à l'excavation de formations rocheuses de dureté moyenne à élevée (telles que le granit et le calcaire), charge d'impact 7000-9000 N, résistance à la température 450°C, convient aux tunnels de mines à ciel ouvert et aux grands tunnels.

Avantages : haute ténacité, forte résistance aux chocs, forte durabilité et rapport qualité -prix élevé .

Limitations : Dureté légèrement inférieure, la conception du tranchant doit être optimisée.

YT15C (Microtek)

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 13-15 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,04 mm ^{3} /N · m, granulométrie 2-4 μm .

Scénarios applicables : Convient à l'excavation de formations rocheuses résistantes à la chaleur (telles que les roches volcaniques et les roches métamorphiques), charge d'impact 6000-8000 N, résistance à la température 500°C, adapté aux conditions géologiques à haute température.

Avantages : résistance aux températures élevées et à l'oxydation, efficacité de coupe élevée.

Limitations : Légèrement moins résistant, nécessite une structure de support.

YG15C (grain grossier)

Composition : WC 85 %, Co 15 %

Caractéristiques : Dureté HV 1300-1400, ténacité à la rupture 22-25 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,0 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 850 HV, taux d'usure < 0,05 mm ^{3} /N · m, granulométrie 7-10 μm .

Scénarios applicables : Convient pour l'excavation de formations rocheuses à haute dureté (telles que le quartzite et le basalte), charge d'impact 9000-11000 N, résistance à la température 500°C, convient aux mines profondes et aux tunnels de roche dure.

Avantages : ténacité ultra élevée, résistance aux chocs importants et aux fractures, longue durée de vie.

Limite : Faible dureté, un réaffûtage régulier des bords est nécessaire.

YC40 (grain grossier)

Composition : WC 75 %, Co 15 %, TaC 5 %, TiC 5 %

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Caractéristiques : Dureté HV 1250-1350, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 13,5 g/cm ³ , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 800 HV, taux d'usure < 0,07 mm ³ /N · m, granulométrie 8-10 μm .
Scénarios applicables : Convient à l'excavation de formations rocheuses ultra-dures (telles que le minerai de fer et la diabase), charge d'impact 10 000-12 000 N, résistance à la température 550 °C, convient à l'excavation profonde de mines de métaux.
Avantages : Résistance élevée aux températures et à la corrosion, adapté à la géologie complexe.
Limitations : Résistance à l'usure modérée, nécessite une amélioration du revêtement.

YC45 (grain grossier)

Composition : WC 70 %, Co 15 %, TaC 10 %, TiC 5 %
Caractéristiques : Dureté HV 1200-1300, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 13,2 g/cm ³ , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 750 HV, taux d'usure < 0,08 mm ³ /N · m, granulométrie 9-10 μm .
Scénarios applicables : Convient à l'excavation de couches de roche extrêmement dures (telles que les couches de diamant), charge d'impact 12 000-15 000 N, résistance à la température 600 °C, convient à l'excavation profonde et de haute intensité.
Avantages : Ténacité et résistance à la chaleur extrêmement élevées, adaptable aux conditions ultra-dures.
Limites : coût élevé et traitement complexe.

3. Détails de l'application

Les outils de creusement de tunnels en carbure cémenté à grains moyens et grossiers jouent un rôle essentiel dans de nombreux domaines. Leurs applications varient en fonction des conditions géologiques et des exigences opérationnelles. Voici une analyse détaillée :

Construction de tunnels

Scénario : Excavation dans le grès et le schiste, profondeur 0-500 m, température 20-300°C, charge d'impact 5000-7000 N.
Exigences : Résistance à l'usure et aux chocs, résistance à la pression 10-20 MPa.
Produits typiques : Outils de coupe, utilisant la nuance YG8C, résistance à l'usure < 0,05 mm³ / N · m.
Avantages : excavation efficace, durable.

Creusement de tunnels dans les mines de charbon

Scénario : Excavation dans des veines de charbon avec gangue, profondeur 500-1500 m, température 200-400°C, charge d'impact 7000-9000 N.
Exigences : Haute résistance aux chocs, résistance à la pression 15-25 MPa.
Produits typiques : tête de tunnel, utilisant la nuance YG11C, résistance aux chocs 9000N.
Avantages : haute ténacité, adaptable aux formations complexes.

Exploitation minière en profondeur des mines de métaux

Scénario : Excavation de minerai de fer et de minerai de cuivre, profondeur 1500-3000 m,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

température 300-500°C, charge d'impact 10000-12000 N.
Exigences : Résistance aux hautes températures et à la corrosion, résistance à la pression 20-30 MPa.
Produits typiques : Outils de coupe pour roches dures, utilisant la nuance YC40, résistance à la température jusqu'à 550°C.
Avantages : résistant à la chaleur et à l'usure.

Applications spéciales

Prospection en profondeur : creuser dans les couches de diamants nécessite une résistance ultra-élevée.
Strates complexes : il s'agit d'une alternance de strates de roches tendres et dures qui nécessitent une résistance à la déformation.
Défi : les roches ultra-profondes (> 3000 m) ou ultra-dures imposent des exigences plus élevées aux matériaux.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des outils de creusement de tunnels en carbure à grains moyens et gros allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance dans les environnements de creusement de tunnels. Voici le détail des procédés et les points techniques clés :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez de la poudre de WC à grains moyens ou grossiers (2 à 10 μm) et de Co, ajoutez du TaC et du TiC pour améliorer la ténacité, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et uniformisez la taille des particules.
Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.
Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.
Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.
Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.
Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou CrN , 5-15 μm , résistant à l'usure.
CVD : Revêtement TiAlN , résistant à la température jusqu'à 600°C.
Polissage : Ra < 0,4 μm , réduit l'adhérence abrasive.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,02 mm, usinage du tranchant.
EDM : géométrie complexe, Ra 0,1 μm .
Traitement laser : améliore la qualité des bords de coupe.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.
Essai d'abrasion : roche simulée, 1000 heures.
Test de résistance aux chocs : 10 000 N, pour détecter l'écaillage des bords.
Essai de fatigue : 0-20 MPa, $>10^5$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,04-0,06 mm^3 / N · m.
Résistance aux chocs : 12-25 $MPa \cdot m^{1/2}$.
Résistance mécanique : 500°C, >450-550 MPa.
Durée de vie en fatigue : $>10^5$ fois.
Résistance à la chaleur : 500°C, dégradation des performances <20%.

Les outils d'excavation en carbure cémenté à grains moyens et grossiers ont considérablement amélioré l'efficacité et la durabilité de l'excavation grâce à des procédés et des conceptions d'application avancés. Face à la demande croissante d'excavations profondes et de développements géologiques complexes, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la machinerie, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d' outils de tunnelisation en carbure cémenté à grains moyens et grossiers, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Outil composite à double grain en carbure

Aperçu

Les outils composites en carbure à grains bimodaux sont des outils hautement performants, conçus pour la coupe de précision, l'usinage des métaux et l'usinage haute performance. Ils sont largement utilisés dans l'aéronautique, l'automobile et l'usinage de moules. Ces outils sont fabriqués à partir de carbure cémenté à grains bimodaux (une combinaison de particules fines de 0,5 à 2 μm et grossières de 5 à 10 μm , principalement composées de carbure de tungstène WC et de cobalt). L'optimisation de la répartition des grains et du procédé composite améliore considérablement la résistance à l'usure, la résistance aux chocs et la ténacité à la rupture. L'environnement d'usinage implique des matériaux de haute dureté (tels que les alliages de titane et l'acier trempé), des vitesses de coupe élevées (100 à 300 m/min) et des charges intermittentes. Le carbure cémenté monograin traditionnel présente un équilibre difficile entre résistance à l'usure et ténacité ; les outils composites à grains bimodaux constituent donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques dans l'usinage moderne.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

Les grains fins offrent une dureté HV 1800-2000, les grains grossiers améliorent la résistance globale à l'usure et le taux d'usure est contrôlé à 0,02-0,04 mm^3 / N · m, ce qui convient à la coupe de haute précision et à grande vitesse.

Résistance aux chocs et ténacité

La structure du grain bimodal confère une ténacité à la rupture de 15 à 22 $MPa·m^{1} / ^{2}$, ce qui est supérieur aux alliages à grain unique et peut supporter des charges intermittentes (5 000 à 10 000 N) sans écaillage.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 600 MPa à 600 °C, et il présente une forte résistance à la fatigue thermique et aux vibrations, et convient aux conditions de coupe complexes.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans des environnements à haute température de coupe de 200 à 800 °C, résiste aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du molybdène (Mo) ou du chrome (Cr), le taux de corrosion dans les environnements contenant du liquide de refroidissement ou légèrement acides est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les outils composites à grains doubles en carbure cémenté ont été développés dans une variété de nuances selon les exigences de traitement. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG10X-DP

Composition : WC 90%, Co 10% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 6-8 μm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Caractéristiques : Dureté HV 1850-1950, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 14,4 g/cm ³ , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,03 mm ³ /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour la coupe d'acier de dureté moyenne (tel que l'acier 45#, AISI 1045), vitesse de coupe 150-250 m/min, charge d'impact 5000-7000 N, résistance à la température 500°C, convient au tournage général.

Avantages : La résistance à l'usure et la ténacité sont prises en compte , ainsi qu'une efficacité de traitement élevée et un coût modéré.

Limitations : Légèrement moins durable dans les matériaux ultra-durs.

YT15-DP

Composition : WC 79%, TiC 15%, Co 6% (grain fin 0,5-1 μm + grain grossier 7-9 μm)

Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 15-18 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 11,5 g/cm ³ , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,02 mm ³ /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour la découpe de l'acier inoxydable et des alliages résistants à la chaleur (tels que l'Inconel 718), vitesse de coupe 100-200 m/min, charge d'impact 6000-8000 N, résistance à la température 600°C, convient au traitement des pièces aéronautiques.

Avantages : résistance aux hautes températures et anti-adhérence, bonne stabilité de coupe.

Limitations : Ténacité légèrement inférieure, le refroidissement doit être optimisé.

YW1-DP

Composition : WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 5-7 μm)

Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 12,8 g/cm ³ , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1150 HV, taux d'usure < 0,025 mm ³ /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour la coupe d'acier trempé (tel que HRC 50-60) et d'alliage de titane, vitesse de coupe 120-180 m/min, charge d'impact 8000-10000 N, résistance à la température 700°C, convient au traitement des moules.

Avantages : Résistant aux fissures thermiques et à l'usure, adapté aux matériaux de haute dureté.

Limitations : Coût élevé, nécessite un meulage de précision.

YC30-DP

Composition : WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 % (grain fin 0,5-1,5 μm + grain grossier 8-10 μm)

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m ¹ / ² , masse volumique 11,2 g/cm ³ , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,04 mm ³ /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour la coupe de fonte à haute dureté et de carbure cémenté, vitesse de coupe 100-150 m/min, charge d'impact 7000-9000 N, résistance à la température 600°C, convient pour la coupe lourde.

Avantages : résistant à la chaleur et aux chocs, adapté à la coupe intermittente.

Limitations : Résistance à l'usure modérée, nécessite un support de revêtement.

YG20-DP

Composition : WC 80%, Co 20% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 6-8 μm)

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 22-25 MPa·m ¹ / ² , masse volumique

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

13,8 g/cm ³ , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1050 HV, taux d'usure < 0,035 mm ³ /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour la découpe d'alliages d'aluminium et d'acier doux, vitesse de coupe 200-300 m/min, charge d'impact 6000-8000 N, résistance à la température 500°C, convient pour l'usinage à grande vitesse.
Avantages : Ténacité ultra élevée, résistance aux grandes déformations, adapté aux charges légères et aux vitesses élevées.
Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

3. Détails de l'application

Les outils composites en carbure à grains doubles jouent un rôle essentiel dans de nombreux domaines d'usinage. Leurs applications varient selon les conditions des matériaux et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Traitement aérospatial

Scénario : Découpe d'alliage de titane et d'Inconel 718, vitesse de coupe 100-200 m/min, température 400-600°C.
Exigences : Résistance aux hautes températures et résistance à l'adhérence, résistance à la pression 10-20 MPa.
Produits typiques : Outils de tournage et fraises, utilisant la nuance YT15-DP, résistance à l'usure < 0,02 mm³ / N · m.
Avantages : Grande stabilité, écaillage des bords réduit.

Automobile

Scénario : Découpe d'acier 45# et de fonte, vitesse de coupe 150-250 m/min, température 200-400°C.
Exigences : résistance à l'usure et aux chocs, résistance à la pression 15-25 MPa.
Produits typiques : Outils de tournage, utilisant la nuance YG10X-DP, résistance aux chocs 7000 N.
Avantages : coupe efficace et longue durée de vie.

Traitement des moules

Scénario : Découpe d'acier trempé (HRC 50-60), vitesse de coupe 120-180 m/min, température 300-700°C.
Exigences : résistance à haute température et dureté, résistance à la pression 20-30 MPa.
Produits typiques : Fraises et forets, utilisant la nuance YW1-DP, résistants à la température jusqu'à 700°C.
Avantages : résistance à la fissuration thermique, haute précision.

Applications spéciales

Usinage de précision : la découpe de matériaux revêtus de haute dureté nécessite une résistance à l'usure ultra-élevée.
Découpe intermittente : usinage de pièces intermittentes, nécessitant une résistance aux chocs.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Défi : Les températures ultra-élevées (> 800 °C) ou les matériaux ultra-durs imposent des exigences de performance plus élevées.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des outils composites à grains doubles en carbure cémenté allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance dans les environnements de coupe. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : sélectionnez du WC à grains fins (0,5-2 μm) et du WC à grains grossiers (5-10 μm), de la poudre de Co, ajoutez du TaC et du TiC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et étalonnez la taille des particules uniformément.

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont utilisés pour contrôler la distribution bimodale.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1 à 2 heures, pour éliminer les impuretés et contrôler la croissance des grains.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour former une structure bimodale, optimisant la ténacité et la dureté.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou AlTiN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.

MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 800 ° C.

Polissage : Ra < 0,2 μm , réduisant l'adhérence des copeaux.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,01 mm, usinage du tranchant.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .

Traitement laser : améliore la précision des bords de coupe.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Test d'usure : coupe simulée, 1000 minutes.

Essai d'impact : 8000 N, pour détecter l'écaillage.

Essai de fatigue : 0-15 MPa, $>10^5$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,02-0,04 mm^3 / N · m.

Résistance aux chocs : 15-22 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Résistance mécanique : 600°C, >600 MPa.

Durée de vie en fatigue : $>10^5$ fois.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Résistance à la chaleur : 800°C, dégradation des performances <15%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : optimisez le rapport grain fin-grossier et ajoutez du TaC / TiC pour améliorer les performances.
Technologie de revêtement : Multicouche AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Traitement thermique : mise en solution + vieillissement, contrôle de la répartition des grains.
Traitement de surface : Ra < 0,2 μm , nano-revêtement.
Innovation de processus : impression 3D de forme de lame personnalisée, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

Les outils composites en carbure à grains doubles ont considérablement amélioré leur efficacité de coupe et leur durabilité grâce à des procédés et une conception d'application avancés. Face à la demande croissante d'usinage haute performance, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils composites à double grain en carbure cémenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Matrice résistante à l'usure en alliage dur à double grain

Aperçu

Les moules résistants à l'usure en carbure cémenté à grains doubles pics sont des moules haute performance conçus pour l'emboutissage, l'emboutissage et le formage de haute précision. Ils sont largement utilisés dans les pièces automobiles, les composants électroniques et la fabrication de précision. Ces moules sont fabriqués à partir de carbure cémenté à grains doubles pics (une combinaison de particules fines de 0,5 à 2 μm et grossières de 5 à 10 μm , principalement composées de carbure de tungstène WC et de cobalt-cobalt) et améliorent considérablement la résistance à l'usure, aux chocs et à la fatigue grâce à l'optimisation de la répartition des grains et des procédés composites. L'environnement de fabrication des moules implique des matériaux de haute dureté (tels que l'acier inoxydable et l'acier au tungstène), des pressions élevées (50 à 200 MPa) et des températures élevées (200 à 700 °C). Le carbure cémenté monograin traditionnel présente un équilibre difficile entre résistance à l'usure et ténacité ; les moules résistants à l'usure à grains doubles pics constituent donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques pour le formage.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

Les grains fins offrent une dureté HV 1800-2000, les grains grossiers améliorent la résistance globale à l'usure et le taux d'usure est contrôlé à 0,01-0,03 $mm^3 / N \cdot m$, ce qui convient au moulage de haute précision et à une utilisation à long terme.

Résistance aux chocs et ténacité

La structure bimodale du grain confère une ténacité à la rupture de 15 à 22 $MPa \cdot m^{1/2}$ et est capable de résister à des pressions élevées (50 à 200 MPa) et à des charges d'impact (5 000 à 10 000 N) sans se fissurer.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 600 MPa à 600 °C, et il présente une forte résistance à la fatigue thermique et aux charges cycliques, et convient à l'emboutissage ou à l'étirement répété.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans les environnements de moulage à haute température de 200 à 700 °C, résistant aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du molybdène (Mo) ou du chrome (Cr), le taux de corrosion dans les environnements contenant du liquide de refroidissement ou légèrement acides est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les moules résistants à l'usure en carbure cémenté à grains doubles pointes sont disponibles en différentes nuances selon les exigences de traitement. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG10X-DP

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Composition : WC 90%, Co 10% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 6-8 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1850-1950, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,4 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,02 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux de dureté moyenne (tels que les plaques d'acier laminées à froid, les alliages d'aluminium), pression 50-100 MPa, résistance à la température 500°C, convient au formage de panneaux automobiles.
Avantages : résistance à l'usure et ténacité, haute précision de traitement et coût modéré.
Limitations : Moins durable à très hautes pressions.

YT15-DP

Composition : WC 79%, TiC 15%, Co 6% (grain fin 0,5-1 μm + grain grossier 7-9 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 15-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,015 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour l'étirement de l'acier inoxydable et des alliages résistants à la chaleur (tels que l'Inconel 718), pression 100-150 MPa, résistance à la température 600°C, convient pour l'emboutissage de composants électroniques.
Avantages : résistance aux hautes températures et anti-adhérence, bonne stabilité au moulage.
Limitations : Ténacité légèrement inférieure, le refroidissement doit être optimisé.

YW1-DP

Composition : WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 5-7 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1150 HV, taux d'usure < 0,01 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour le formage d'acier trempé (tel que HRC 50-60) et d'acier au tungstène, pression 150-200 MPa, résistance à la température 700°C, convient à la fabrication de moules de précision.
Avantages : Résistant aux fissures thermiques et à l'usure, adapté aux matériaux de haute dureté.
Limitations : Coût élevé et nécessite un traitement de précision.

YC30-DP

Composition : WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 % (grain fin 0,5-1,5 μm + grain grossier 8-10 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,2 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour le formage de fonte à haute dureté et de carbure cémenté, pression 100-150 MPa, résistance à la température 600°C, convient pour l'emboutissage lourd.
Avantages : Résistant à la chaleur et aux chocs, adapté au moulage haute pression.
Limitations : Résistance à l'usure modérée, nécessite un support de revêtement.

YG20-DP

Composition : WC 80%, Co 20% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 6-8 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 22-25 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

environ 1050 HV, taux d'usure < 0,025 mm ³ /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour le formage d'alliages d'aluminium et d'acier doux, pression 50-100 MPa, résistance à la température 500°C, convient pour une charge légère et un emboutissage de haute précision.
Avantages : Ténacité ultra élevée, résistance aux grandes déformations, adapté aux formes complexes.
Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

3. Détails de l'application

Les moules résistants à l'usure en carbure à grains doubles pointes jouent un rôle essentiel dans divers domaines de transformation. Leurs applications varient selon les conditions des matériaux et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Fabrication de pièces automobiles

Scénario : emboutissage de plaques d'acier laminées à froid et d'alliages d'aluminium, pression 50-100 MPa, température 200-400°C.
Exigences : résistance à l'usure et aux chocs, forte durabilité.
Produits typiques : matrices d'emboutissage, utilisant la nuance YG10X-DP, résistance à l'usure < 0,02 mm³ / N · m.
Avantages : haute précision et longue durée de vie.

Traitement des composants électroniques

Application : Étirage d'acier inoxydable et d'alliages de cuivre à des pressions de 100-150 MPa et des températures de 300-500°C.
Exigences : résistance aux hautes températures et adhérence, résistance à la pression stable.
Produits typiques : Matrices d'étirage, utilisant la qualité YT15-DP, résistance à la température 600°C.
Avantages : Haute précision de moulage et adhérence réduite.

Fabrication de moules de précision

Application : Formage d'acier trempé et d'acier au tungstène, pression 150-200 MPa, température 400-700°C.
Exigences : résistance aux hautes températures, dureté et résistance à la fatigue.
Produits typiques : matrice de poinçonnage de précision, utilisant la qualité YW1-DP, résistance à la pression 200 MPa.
Avantages : Résistant aux fissures thermiques et forte durabilité.

Applications spéciales

Moulage complexe : Traitement de pièces multi-courbes devant résister à la déformation.
Estampage haute pression : le formage de matériaux à haute résistance nécessite une ténacité ultra élevée.
Défi : Les températures ultra-élevées (> 700 °C) ou les pressions ultra-élevées (> 200 MPa) imposent des exigences de performance plus élevées.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des moules résistants à l'usure en carbure cémenté à grains doubles pointes allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en environnement de moulage. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : sélectionnez du WC à grains fins (0,5-2 μm) et du WC à grains grossiers (5-10 μm), de la poudre de Co, ajoutez du TaC et du TiC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et étalonnez la taille des particules uniformément.

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano- additifs sont utilisés pour contrôler la distribution bimodale.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1 à 2 heures, pour éliminer les impuretés et contrôler la croissance des grains.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour former une structure bimodale, optimisant la ténacité et la dureté.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou AlTiN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.

MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 800 ° C.

Polissage : Ra < 0,1 μm , pour réduire l'adhérence de la pièce.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,01 mm, usinage de surface de formage.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .

Traitement laser : améliore la précision de la surface.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Test d'usure : emboutissage simulé, 1000 fois.

Essai de pression : 200 MPa, pour détecter la déformation.

Essai de fatigue : 0-100 MPa, $>10^5$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,01-0,03 mm^3 / N · m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Résistance aux chocs : 15-22 MPa·m ¹ / ² .
Résistance mécanique : 600°C, >600 MPa.
Durée de vie en fatigue : >10 ⁵ fois.
Résistance à la chaleur : 700°C, dégradation des performances <15%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : optimisez le rapport grain fin-grossier et ajoutez du TaC / TiC pour améliorer les performances.
Technologie de revêtement : Multicouche AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Traitement thermique : mise en solution + vieillissement, contrôle de la répartition des grains.
Traitement de surface : Ra < 0,1 μm , nano-revêtement.
Innovation de procédé : impression 3D de formes personnalisées, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

Le moule résistant à l'usure en carbure à grains doubles pointes a considérablement amélioré l' efficacité et la durabilité du moulage grâce à une technologie et une conception d'application avancées. Face à la demande croissante de moulages complexes et de haute précision, l'optimisation du carbure continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de ses 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux exigences rigoureuses de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de moules résistants à l'usure en carbure cémenté à grains doubles, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :
Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Outils de forage pétrolier à double grain en carbure cémenté

Aperçu

Les outils de forage pétrolier à grains bimodaux en carbure sont des forets hautes performances conçus pour l'exploration et l'exploitation pétrolières et gazières. Ils sont largement utilisés pour le forage de puits profonds, de puits ultra-profonds et de formations complexes (telles que les roches dures et les couches sableuses). Ces outils de forage sont fabriqués à partir de carbure cémenté à grains bimodaux (combinant des particules fines de 0,5 à 2 μm et grossières de 5 à 10 μm , principalement composées de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). L'optimisation de la distribution des grains et du procédé composite améliore considérablement la résistance à l'usure, aux chocs et à la fracture. L'environnement de forage implique des formations rocheuses de dureté élevée (dureté Mohs 6-9), des pressions élevées (20-50 MPa), des températures élevées (200-500 °C) et des milieux corrosifs (tels que H_2 S, CO_2) . Les outils de forage pétrolier à grains simples traditionnels présentent un équilibre difficile entre résistance à l'usure et ténacité ; les outils de forage pétrolier à grains bimodaux constituent donc un choix idéal. Cet article discutera en détail de ses caractéristiques techniques, de ses scénarios d'application et de ses processus de fabrication pour démontrer ses avantages techniques dans le forage pétrolier.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

Les grains fins offrent une dureté HV 1800-2000, les grains grossiers améliorent la résistance globale à l'usure et le taux d'usure est contrôlé à 0,02-0,04 mm^3 / N · m, ce qui convient au forage de formations rocheuses à haute dureté.

Résistance aux chocs et ténacité

La structure bimodale du grain confère une ténacité à la rupture de 15 à 22 $MPa·m^{1/2}$ et est capable de résister à des charges d'impact élevées (5 000 à 12 000 N) et à des vibrations sans se rompre.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 600 MPa à 500 °C, et il présente une forte résistance à la fatigue thermique et aux charges cycliques, et convient aux conditions de travail complexes dans les puits profonds.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans des environnements de perçage à haute température de 200 à 500 °C, résistant aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du molybdène (Mo) ou du chrome (Cr), le taux de corrosion dans les environnements corrosifs contenant du H_2S ou du CO_2 est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les outils de forage pétrolier à grains doubles en carbure cémenté ont été développés dans une variété de nuances adaptées aux besoins de forage. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG10X-DP

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Composition : WC 90%, Co 10% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 6-8 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1850-1950, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,4 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient au forage de formations rocheuses moyennement dures (telles que le grès et la marne), profondeur de forage de 1000 à 3000 m, pression de 20 à 30 MPa, résistance à la température de 400 °C, convient aux champs de pétrole et de gaz conventionnels.
Avantages : Il combine résistance à l'usure et ténacité, a une vitesse de perçage stable et un coût modéré.
Limitations : Moins durable dans les roches très dures ou à haute température.

YT15-DP

Composition : WC 79%, TiC 15%, Co 6% (grain fin 0,5-1 μm + grain grossier 7-9 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 15-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,02 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient au forage de formations rocheuses résistantes à la chaleur (telles que les roches volcaniques et les roches métamorphiques), profondeur de forage 3000-5000 m, pression 30-40 MPa, résistance à la température 500°C, convient aux réservoirs de pétrole à haute température.
Avantages : Haute température et anti-adhérence, longue durée de vie du foret.
Limitations : Ténacité légèrement inférieure, le refroidissement doit être optimisé.

YW1-DP

Composition : WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 5-7 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 20-22 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1150 HV, taux d'usure < 0,025 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient au forage de formations rocheuses durcies (telles que le quartzite et la diabase), profondeur de forage 5000-8000 m, pression 40-50 MPa, résistance à la température 500°C, convient aux puits ultra-profonds.
Avantages : Résistant à la fissuration thermique et à l'usure, adapté aux formations complexes.
Limitations : Coût élevé et nécessite un traitement de précision.

YC30-DP

Composition : WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 % (grain fin 0,5-1,5 μm + grain grossier 8-10 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,2 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 55 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,04 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour le forage de fonte à haute dureté et de couches contenant du sable, profondeur de forage 2000-4000 m, pression 25-35 MPa, résistance à la température 450°C, convient aux champs pétrolifères de grès.
Avantages : résistant à la chaleur et aux chocs, adapté au perçage intermittent.
Limitations : Résistance à l'usure modérée, nécessite un support de revêtement.

YG20-DP

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Composition : WC 80%, Co 20% (grain fin 1-2 μm + grain grossier 6-8 μm)
Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 22-25 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (500°C) environ 1050 HV, taux d'usure < 0,035 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient au forage de strates alternées molles et dures (telles que les veines de charbon avec gangue), profondeur de forage 1000-3000 m, pression 20-30 MPa, résistance à la température 400°C, convient au développement du méthane de houille.
Avantages : Ténacité ultra élevée, résistance aux grandes déformations, adapté aux conditions de travail complexes.
Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

3. Détails de l'application

Les outils de forage pétrolier à grains bimodaux en carbure cémenté jouent un rôle essentiel dans divers domaines de forage. Leurs applications varient selon les conditions géologiques et les exigences opérationnelles. Voici une analyse détaillée :

Forage conventionnel de champs de pétrole et de gaz

Scénario : Forage de grès et de marne, profondeur 1000-3000 m, température 200-400°C, pression 20-30 MPa.
Exigences : résistance à l'usure et aux chocs, vitesse de perçage stable.
Produits typiques : Forets PDC, utilisant la nuance YG10X-DP, résistance à l'usure < 0,03 mm^3 / N · m.
Avantages : perçage efficace et longue durée de vie.

Forage de réservoir à haute température

Scénario : Forage de roches volcaniques et métamorphiques, profondeur 3000-5000 m, température 400-500°C, pression 30-40 MPa.
Exigences : résistance aux hautes températures et adhérence, résistance à la pression stable.
Produits typiques : Foret composite, utilisant la nuance YT15-DP, résistance à la température 500°C.
Avantages : Stabilité à haute température, usure réduite.

Forage de puits ultra-profonds

Scénario : Forage de quartzite et de diabase, profondeur 5000-8000 m, température 400-500°C, pression 40-50 MPa.
Exigences : résistance aux hautes températures, dureté et résistance à la fatigue.
Produits typiques : Fraises à rouleaux, utilisant la nuance YW1-DP, avec une résistance à la pression de 50 MPa.
Avantages : Résistant aux fissures thermiques et forte durabilité.

Applications spéciales

Forage au soufre : traitement des formations H_2S, nécessitant une résistance à la corrosion.
Formations complexes : Le forage dans des couches molles et dures alternées nécessite une résistance à la déformation.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Défi : Les températures ultra-profondes (> 8 000 m) ou ultra-élevées (> 500 °C) imposent des exigences de performance plus élevées.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des outils de forage pétrolier à grains doubles en carbure cémenté allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en environnement de forage. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : sélectionnez du WC à grains fins (0,5-2 μm) et du WC à grains grossiers (5-10 μm), de la poudre de Co, ajoutez du TaC et du TiC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et étalonnez la taille des particules uniformément.

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont utilisés pour contrôler la distribution bimodale.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1 à 2 heures, pour éliminer les impuretés et contrôler la croissance des grains.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour former une structure bimodale, optimisant la ténacité et la dureté.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou AlTiN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.

MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 600 ° C.

Polissage : Ra < 0,2 μm , pour réduire l'adhérence des éclats de roche.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,01 mm, surface de coupe d'usinage.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .

Traitement laser : améliore la précision des bords de coupe.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Test d'usure : perçage simulé, 1000 heures.

Test de résistance aux chocs : 10 000 N, pour détecter l'écaillage des bords.

Essai de pression : 50 MPa, pour détecter la déformation.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,02-0,04 mm^3 / N · m.

Résistance aux chocs : 15-22 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Résistance mécanique : 500°C, >600 MPa.

Durée de vie en fatigue : $>10^5$ fois.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Résistance à la chaleur : 500°C, dégradation des performances <15%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : optimisez le rapport grain fin-grossier et ajoutez du TaC / TiC pour améliorer les performances.
Technologie de revêtement : Multicouche AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Traitement thermique : mise en solution + vieillissement, contrôle de la répartition des grains.
Traitement de surface : Ra < 0,2 μm , revêtement anti-corrosion.
Innovation de processus : impression 3D de forme de lame personnalisée, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

Les outils de forage pétrolier à grains bimodaux en carbure cémenté ont considérablement amélioré l'efficacité et la durabilité du forage grâce à une technologie et une conception d'application avancées. Face à la demande croissante de puits ultra-profonds et au développement de formations complexes, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d' outils de forage pétrolier à double grain en carbure cémenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Matrices d'emboutissage en carbure résistantes à l'usure

Aperçu

Les matrices d'emboutissage en carbure cémenté résistant à l'usure sont des matrices hautes performances conçues pour l'emboutissage haute résistance. Elles sont largement utilisées dans la construction automobile, la production de composants électroniques et l'usinage de tôles. Ces matrices sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co) et améliorent considérablement la résistance à l'usure, aux chocs et à la fatigue grâce à l'optimisation de la formule de l'alliage et du processus de renforcement de surface. L'environnement d'emboutissage implique des matériaux de haute dureté (tels que l'acier inoxydable et l'acier laminé à froid), des pressions élevées (50-200 MPa) et des charges répétées (plus d'un million de fois). Les matrices en acier traditionnelles sont difficiles à satisfaire aux exigences en raison de l'usure et des fissures ; le carbure cémenté résistant à l'usure constitue donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques en emboutissage.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1600-2000, et le taux d'usure est contrôlé à 0,01-0,03 $mm^3/N \cdot m$. Il convient à l'emboutissage de haute précision et haute fréquence et prolonge considérablement la durée de vie du moule.

Résistance aux chocs et ténacité

La ténacité à la rupture est de 12 à 18 $MPa \cdot m^{1/2}$ et il n'est pas facile de se fissurer même lorsqu'il résiste à des charges d'impact élevées (5 000 à 10 000 N) et à des emboutissages répétés.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 550 MPa à 600 °C et présente une forte résistance à la fatigue thermique et aux charges cycliques, ce qui le rend adapté à la production continue.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans les environnements d'emboutissage à haute température de 200 à 600 °C, résistant aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du chrome (Cr) ou du molybdène (Mo), le taux de corrosion dans les environnements contenant du liquide de refroidissement ou légèrement acides est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les matrices d'emboutissage en carbure résistant à l'usure sont disponibles en différentes nuances, adaptées aux exigences de traitement. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6X

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 14-16 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 14,9 g/cm^3, conductivité thermique environ 80 $W/m \cdot K$. Dureté à haute température (600°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,02 $mm^3/N \cdot m$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux de dureté moyenne (tels que l'acier laminé à froid, l'alliage d'aluminium), pression 50-100 MPa, résistance à la température 400°C, convient pour l'emboutissage de tôles automobiles.

Avantages : haute résistance à l'usure, haute précision, coût modéré.

Limitations : la résistance est légèrement inférieure et une optimisation de la conception est nécessaire.

YG8

Composition : WC 92 %, Co 8 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 16-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,025 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux de dureté moyenne et élevée (tels que l'acier galvanisé, l'acier inoxydable), pression 100-150 MPa, résistance à la température 450°C, convient au moulage de boîtiers d'appareils électroménagers.

Avantages : Résistance à l'usure et ténacité équilibrées, forte durabilité.

Limitation : Un support de revêtement est requis à des pressions extrêmement élevées.

YT15

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 12-14 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,015 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux résistants à la chaleur (tels que l'acier inoxydable, l'alliage de titane), pression 150-200 MPa, résistance à la température 500°C, convient pour l'emboutissage de composants électroniques.

Avantages : résistance aux hautes températures et anti-adhérence, bonne stabilité au moulage.

Limitations : Ténacité légèrement plus faible, le refroidissement doit être optimisé.

YW1

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 15-17 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1050 HV, taux d'usure < 0,01 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage d'acier trempé (tel que HRC 50-60) et d'alliages à haute résistance, pression 150-200 MPa, résistance à la température 550°C, convient pour l'emboutissage de précision.

Avantages : Résistant aux fissures thermiques et à l'usure, adapté aux matériaux de haute dureté.

Limitations : Coût élevé et nécessite un traitement de précision.

YG20

Composition : WC 80 %, Co 20 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux souples (tels que l'alliage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

d'aluminium, l'alliage de cuivre), pression 50-100 MPa, résistance à la température 400°C, convient pour l'emboutissage à charge légère.
Avantages : Ténacité ultra élevée, résistance aux grandes déformations, adapté aux formes complexes.
Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

3. Détails de l'application

Les matrices d'emboutissage en carbure résistant à l'usure jouent un rôle essentiel dans de nombreux domaines de transformation. Leurs applications varient selon les conditions des matériaux et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Fabrication de pièces automobiles

Scénario : emboutissage de tôles d'acier laminées à froid et d'acier galvanisé, pression 50-100 MPa, température 200-400°C.
Exigences : résistance à l'usure et aux chocs, forte durabilité.
Produits typiques : matrices d'emboutissage, utilisant la nuance YG6X, résistance à l'usure < 0,02 mm^3 / N · m.
Avantages : haute précision et longue durée de vie.

Traitement des composants électroniques

Scénario : Emboutissage d'acier inoxydable et d'alliages de cuivre, pression 100-150 MPa, température 300-500°C.
Exigences : résistance aux hautes températures et adhérence, résistance à la pression stable.
Produits typiques : Matrices de poinçonnage de précision, utilisant la qualité YT15, résistance à la température 500°C.
Avantages : Haute précision de moulage et adhérence réduite.

Fabrication d'emboutissage de précision

Application : Pressage d'acier trempé et d'acier au tungstène, pression 150-200 MPa, température 400-550°C.
Exigences : résistance aux hautes températures, dureté et résistance à la fatigue.
Produits typiques : matrice de poinçonnage à haute résistance, utilisant la nuance YW1, avec une résistance à la pression de 200 MPa.
Avantages : Résistant aux fissures thermiques et forte durabilité.

Applications spéciales

Moulage complexe : Traitement de pièces multi-courbes devant résister à la déformation.
Estampage haute fréquence : des millions de fois d'estampage, une résistance à l'usure ultra-élevée est requise.
Défi : Les températures ultra-élevées (> 600 °C) ou les pressions ultra-élevées (> 200 MPa) imposent des exigences de performance plus élevées.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des matrices d'emboutissage en carbure résistant à l'usure allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance dans les environnements d'emboutissage. Voici le détail des flux de processus et des points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez des poudres WC et Co de haute pureté, ajoutez du TiC et du TaC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et contrôlez la taille des particules à 0,5-2 μm .

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano- additifs sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou AlTiN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.

MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 600 ° C.

Polissage : Ra < 0,1 μm , pour réduire l'adhérence de la pièce.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,01 mm, usinage de surface de formage.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .

Traitement laser : améliore la précision de la surface.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Test d'usure : emboutissage simulé, 1000 fois.

Essai de pression : 200 MPa, pour détecter la déformation.

Essai de fatigue : 0-100 MPa, $>10^6$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,01-0,03 mm^3 / N · m.

Résistance aux chocs : 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Résistance mécanique : 600°C, >550 MPa.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Durée de vie en fatigue : >10 ⁶ fois.
Résistance à la chaleur : 600°C, dégradation des performances <15%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmentez la teneur en Co et ajoutez du TiC / TaC pour améliorer la ténacité et la résistance à la chaleur.
Technologie de revêtement : Multicouche AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.
Traitement de surface : Ra < 0,1 μm , nano-revêtement.
Innovation de procédé : impression 3D de formes personnalisées, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

Les matrices d'emboutissage en carbure cémenté résistant à l'usure ont considérablement amélioré l'efficacité et la durabilité de l'emboutissage grâce à des procédés et une conception d'application avancés. Face à la demande croissante d'emboutissages complexes et à haute résistance, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de matrices d'emboutissage résistantes à l'usure en carbure cémenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Garniture mécanique en carbure résistant à l'usure

Aperçu

Les garnitures mécaniques en carbure cémenté résistant à l'usure sont des joints haute performance conçus pour les industries chimique, pétrolière, électrique et de traitement des eaux. Elles sont largement utilisées dans des équipements tels que les pompes, les compresseurs et les réacteurs. Ces garnitures sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co) et améliorent considérablement la résistance à l'usure, à la corrosion et à la pression grâce à l'optimisation des formulations d'alliages et des procédés de traitement de surface. L'environnement d'étanchéité mécanique implique des pressions élevées (10-50 MPa), des températures élevées (200-600 °C), des vitesses élevées (500-3 000 tr/min) et des milieux corrosifs (tels que les acides, les bases et les liquides contenant du sable). Les matériaux traditionnels tels que le carbure de silicium ou la céramique sont sujets à l'usure ou aux fissures dans des conditions extrêmes ; le carbure cémenté résistant à l'usure constitue donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses scénarios d'application et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques dans les applications d'étanchéité.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

La dureté est comprise entre HV 1600 et 2000, et le taux d'usure est contrôlé entre 0,01 et 0,03 $mm^3/N·m$. Il convient à l'étanchéité des fluides à grande vitesse et contenant des particules, et prolonge considérablement la durée de vie.

Résistance aux chocs et ténacité

La ténacité à la rupture est de 12 à 18 $MPa·m^{1/2}$ et il n'est pas facile de se fissurer même sous des charges de pression et d'impact élevées (5 000 à 8 000 N).

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 550 MPa à 600 °C et il est très résistant à la fatigue thermique et aux vibrations, adapté à un fonctionnement continu.

Stabilité thermique

Maintient ses performances dans des environnements à haute température de 200 à 600 °C, résiste aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion

le taux de corrosion dans les environnements acides, alcalins, H_2S ou CO_2 est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les garnitures mécaniques en carbure résistantes à l'usure sont disponibles en différentes nuances selon les exigences des applications. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 14-16 $MPa·m^{1/2}$, masse volumique 14,9 g/cm^3, conductivité thermique environ 80 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,02 $mm^3/N·m$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux moyennement et faiblement corrosifs (tels que l'eau et l'huile), pression 10-20 MPa, vitesse 500-1500 tr/min, résistance à la température 400°C, convient aux pompes à eau et aux pompes à huile.

Avantages : haute résistance à l'usure, haute précision, coût modéré.

Limitations : Un support de revêtement est nécessaire en cas de corrosion sévère ou de température élevée.

YG8

Composition : WC 92 %, Co 8 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 16-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,025 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux moyennement et hautement corrosifs (tels que les acides faibles et les alcalis faibles), pression 20-30 MPa, vitesse 1000-2000 tr/min, résistance à la température 450°C, convient aux pompes chimiques.

Avantages : Résistance à l'usure et ténacité équilibrées, forte durabilité.

Limitation : Renforcement supplémentaire requis à des pressions extrêmement élevées.

YT15

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 12-14 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,015 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour sceller des supports résistants à la chaleur (tels que l'huile à haute température, la vapeur), pression 30-40 MPa, vitesse 1500-2500 tr/min, résistance à la température 500°C, convient aux réacteurs à haute température.

Avantages : résistance aux hautes températures et anti-adhérence, bonne stabilité d'étanchéité.

Limitations : Ténacité légèrement plus faible, le refroidissement doit être optimisé.

YW1

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 15-17 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1050 HV, taux d'usure < 0,01 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux hautement corrosifs (tels que le pétrole et le gaz contenant du H_2 S) , pression 40-50 MPa, vitesse 2000-3000 tr/min, résistance à la température 550°C, convient aux pompes de forage pétrolier.

Avantages : Résistant aux fissures thermiques et à la corrosion, adapté aux conditions extrêmes.

Limitations : Coût élevé et nécessite un traitement de précision.

YG20

Composition : WC 80 %, Co 20 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux contenant des particules (tels que la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

boue, le mortier), pression 20-30 MPa, vitesse 1000-2000 tr/min, résistance à la température 400°C, convient aux pompes de traitement de l'eau.
Avantages : Ténacité ultra élevée, forte résistance aux chocs, adaptée aux conditions de travail complexes.
Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

3. Détails de l'application

Les garnitures mécaniques en carbure résistantes à l'usure jouent un rôle essentiel dans de nombreux secteurs industriels. Leurs applications varient selon les conditions du fluide et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Joints de pompe à eau et de pompe à huile

Scénario : Eau d'étanchéité ou huile de lubrification, pression 10-20 MPa, température 20-400°C, vitesse 500-1500 tr/min.
Exigences : anti-usure et faible fuite, forte durabilité.
Produits typiques : Joint d'extrémité, utilisant un grade YG6, résistance à l'usure < 0,02 mm^3 / N · m.
Avantages : haute précision et longue durée de vie.

Joint de pompe chimique

Scénario : Scellage d'acide faible et de base faible, pression 20-30 MPa, température 200-450°C, vitesse 1000-2000 tr/min.
Exigences : résistance à la corrosion et aux hautes températures, stabilité de l'étanchéité.
Produits typiques : Joint double face, utilisant un grade YG8, résistance à la température 450°C.
Avantages : Anti-corrosion, fuites réduites.

Joint de pompe de forage pétrolier

Scénario : Étanchéité H_2S - contenant de l'huile et du gaz, pression 40-50 MPa, température 400-550°C, vitesse 2000-3000 tr/min.
Exigences : Résistant aux hautes températures, à la corrosion et aux hautes pressions.
Produits typiques : Joints haute pression, utilisant le grade YW1, avec une résistance à la pression de 50 MPa.
Avantages : Résistant aux fissures thermiques et forte durabilité.

Applications spéciales

Joint de pompe à boue : gère les milieux sableux et doit être résistant à l'usure.
Joint haute vitesse : utilisé dans les compresseurs et doit être résistant aux vibrations.
Défi : Les températures ultra-élevées (> 600 °C) ou les pressions ultra-élevées (> 50 MPa) imposent des exigences de performance plus élevées.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des garnitures mécaniques en carbure résistantes à l'usure allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en environnement étanche. Voici le détail du procédé et les points techniques :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez des poudres WC et Co de haute pureté, ajoutez du TiC et du TaC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et contrôlez la taille des particules à 0,5-2 μm .

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou CrN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.

MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 600 ° C.

Polissage : Ra < 0,1 μm , réduit les frottements et les fuites.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,01 mm, surface d'étanchéité d'usinage.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .

Traitement laser : améliore la planéité de la surface.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Test d'abrasion : étanchéité simulée, 1000 heures.

Test de pression : 50 MPa, pour détecter les fuites.

Essai de résistance à la fatigue : 0-30 MPa, $>10^6$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,01-0,03 mm^3 / N · m.

Résistance aux chocs : 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Résistance mécanique : 600°C, >550 MPa.

Durée de vie en fatigue : $>10^6$ fois.

Résistance à la chaleur : 600°C, dégradation des performances <15%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Formule d'alliage : Augmentez la teneur en Co et ajoutez du TiC / TaC pour améliorer la ténacité et la résistance à la chaleur.
Technologie de revêtement : Multicouche TiN + CrN , 2-10 μm .
Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.
Traitement de surface : Ra < 0,1 μm , revêtement anti-corrosion.
Innovation de procédé : impression 3D de formes personnalisées, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

Les garnitures mécaniques en carbure résistant à l'usure ont considérablement amélioré l'efficacité et la durabilité de l'étanchéité grâce à des procédés et des conceptions d'applications avancés. Face à la demande croissante de traitements haute pression, haute température et fluides complexes, l'optimisation du carbure continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en garnitures mécaniques et bagues d'étanchéité en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :
Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com
Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Buse en carbure résistante à l'usure

Aperçu

Les buses en carbure résistantes à l'usure sont des buses hautes performances conçues pour le jet à haute vitesse et à forte usure, ainsi que pour les environnements corrosifs. Elles sont largement utilisées pour le sablage, la découpe, la pulvérisation et le traitement chimique. Ces buses sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). L'optimisation de la formule de l'alliage et du procédé de traitement de surface permet d'améliorer considérablement la résistance à l'usure, à la corrosion et à l'érosion. Elles sont utilisées dans des environnements où les fluides sont à haute vitesse (tels que le sable et les abrasifs), sous haute pression (10-50 MPa), à haute température (200-600 °C) et avec des liquides corrosifs (tels que les solutions acides et alcalines). Les matériaux traditionnels comme la céramique ou l'acier trempé sont sujets à l'usure ou aux défaillances lors d'une utilisation prolongée. Par conséquent, les buses en carbure cémenté résistantes à l'usure constituent un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques dans les applications de jet.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1600-2000 et le taux d'usure est contrôlé à 0,01-0,03 mm^3 / N · m, ce qui peut résister à l'érosion abrasive à grande vitesse et prolonger considérablement la durée de vie.

Résistance à l'érosion et ténacité

La ténacité à la rupture est de 12 à 18 $MPa \cdot m^{1/2}$ et il peut résister à une pression élevée et à un impact de particules (5 000 à 10 000 N) sans se rompre.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 550 MPa à 600 °C, et il présente une forte résistance à la fatigue thermique et aux vibrations, et convient à l'injection continue.

Stabilité thermique

Maintient ses performances dans des environnements à haute température de 200 à 600 °C, résiste aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du chrome (Cr) ou du molybdène (Mo), le taux de corrosion dans les milieux acides, alcalins ou contenant du chlorure est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les buses résistantes à l'usure en carbure cémenté sont disponibles en différentes nuances selon les exigences des applications. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 14-16 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 14,9 g/cm^3, conductivité thermique environ 80 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,02 $mm^3/N \cdot m$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Scénarios applicables : Convient au sablage et aux supports peu corrosifs (tels que l'eau, le sable sec), pression 10-20 MPa, résistance à la température 400°C, convient au traitement de surface.
Avantages : haute résistance à l'usure, haute précision, coût modéré.
Limitations : Un support de revêtement est nécessaire en cas de corrosion sévère ou de température élevée.

YG8

Composition : WC 92 %, Co 8 %
Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 16-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,025 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour la pulvérisation d'abrasifs de dureté moyenne et élevée (tels que le sable d'acier, le sable de quartz), pression 20-30 MPa, résistance à la température 450°C, convient à la découpe du métal.
Avantages : Résistance à l'usure et ténacité équilibrées, forte durabilité.
Limitation : Renforcement supplémentaire requis à des pressions extrêmement élevées.

YT15

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %
Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 12-14 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,015 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour la pulvérisation de supports résistants à la chaleur (tels que le flux d'air à haute température, le métal en fusion), pression 30-40 MPa, résistance à la température 500°C, convient pour la pulvérisation thermique.
Avantages : résistance aux hautes températures et anti-adhérence, bonne stabilité de pulvérisation.
Limitations : Ténacité légèrement plus faible, le refroidissement doit être optimisé.

YW1

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %
Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 15-17 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1050 HV, taux d'usure < 0,01 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient à la pulvérisation de milieux hautement corrosifs (tels que boues acides, fluides contenant du H_2S) , pression 40-50 MPa, résistance à la température 550°C, convient aux buses chimiques.
Avantages : Résistant aux fissures thermiques et à la corrosion, adapté aux conditions extrêmes.
Limitations : Coût élevé et nécessite un traitement de précision.

YG20

Composition : WC 80 %, Co 20 %
Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.
Scénarios applicables : Convient pour la pulvérisation de supports contenant de grosses particules (telles que la boue, les scories de charbon), pression 20-30 MPa, résistance à la température 400°C,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

convient pour la pulvérisation minière.
Avantages : Ténacité ultra élevée, forte résistance aux chocs, adaptée aux conditions de travail complexes.
Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

3. Détails de l'application

Les buses en carbure résistantes à l'usure jouent un rôle essentiel dans de nombreux secteurs industriels. Leurs applications varient selon les conditions du fluide et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Sablage et traitement de surface

Application : Sablage à sec ou grenaillage d'acier, pression 10-20 MPa, température 20-400°C.
Exigences : anti-usure et érosion, pulvérisation uniforme.
Produits typiques : Buse de sablage, utilisant un grade YG6, résistance à l'usure < 0,02 mm^3 / N · m.
Avantages : haute durabilité, haute efficacité de jet.

Découpe et pulvérisation de métaux

Scénario : Projection de grains d'acier ou flux d'air à haute température, pression 20-30 MPa, température 200-450°C.
Exigences : résistance aux hautes températures et à l'érosion, résistance à la pression stable.
Produits typiques : Buse de coupe, grade YG8, résistance à la température 450°C.
Avantages : Anti-corrosion, usure réduite.

pulvérisation de produits chimiques

Scénario : Injection de boue acide ou de fluide contenant du H_2S, pression 40-50 MPa, température 400-550°C.
Exigences : Résistant aux hautes températures, à la corrosion et aux hautes pressions.
Produits typiques : buses résistantes à la corrosion, utilisant le grade YW1, avec une résistance à la pression de 50 MPa.
Avantages : Résistant aux fissures thermiques et forte durabilité.

Applications spéciales

Pulvérisation minière : manipulation de boues ou de scories de charbon, qui doivent résister à l'érosion par de grosses particules.
Nettoyage haute pression : S'applique aux jets d'eau à haute pression et nécessite une résistance aux vibrations.
Défi : Les températures ultra-élevées (> 600 °C) ou les pressions ultra-élevées (> 50 MPa) imposent des exigences de performance plus élevées.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des buses résistantes à l'usure en carbure cémenté allie science des matériaux et usinage de précision pour garantir leur performance en environnement de pulvérisation.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez des poudres WC et Co de haute pureté, ajoutez du TiC et du TaC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et contrôlez la taille des particules à 0,5-2 μm .

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou CrN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.

MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 600 ° C.

Polissage : Ra < 0,1 μm , pour réduire l'adhérence des particules.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,01 mm, usinage de trous d'injection.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .

Traitement laser : améliore la douceur du trou.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Test d'abrasion : pulvérisation simulée, 1000 heures.

Essai de pression : 50 MPa, pour détecter la déformation.

Test d'érosion : 5000 N, pour détecter l'usure.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,01-0,03 mm^3 / N · m.

Résistance aux chocs : 12-18 MPa·$m^{1/2}$.

Résistance mécanique : 600°C, >550 MPa.

Durée de vie en fatigue : >10^6 fois.

Résistance à la chaleur : 600°C, dégradation des performances <15%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmentez la teneur en Co et ajoutez du TiC / TaC pour améliorer la ténacité et la résistance à la chaleur.

Technologie de revêtement : Multicouche TiN + CrN , 2-10 μm .

Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.

Traitement de surface : Ra < 0,1 μm , revêtement anti-corrosion.

Innovation de procédé : impression 3D de formes personnalisées, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

La buse en carbure cémenté résistante à l'usure a considérablement amélioré l'efficacité d'injection et la durabilité grâce à une technologie et une conception d'application avancées. Face à la demande croissante de traitement à haute pression, haute température et milieux complexes, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de buses résistantes à l'usure en carbure cémenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Matrices d'emboutissage en carbure

Aperçu

Les matrices d'emboutissage en carbure sont des matrices hautes performances conçues pour l'usinage des métaux à haute résistance. Elles sont largement utilisées dans la construction automobile, la production de composants électroniques et l'emboutissage de tôles. Ces matrices sont à base de carbure cémenté (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co) et améliorent considérablement la résistance à l'usure, aux chocs et à la fatigue grâce à l'optimisation des formules d'alliage et des procédés de renforcement. L'environnement d'emboutissage implique des matériaux de haute dureté (tels que l'acier inoxydable et l'acier laminé à froid), des pressions élevées (50-200 MPa) et des charges répétées (plus d'un million de fois). Les matrices en acier traditionnelles sont difficiles à satisfaire aux exigences en raison de l'usure et des fissures ; les matrices d'emboutissage en carbure cémenté constituent donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques en emboutissage.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées

La plage de dureté est HV 1600-2000, et le taux d'usure est contrôlé à 0,01-0,03 $mm^3/N \cdot m$. Il convient à l'emboutissage de haute précision et haute fréquence et prolonge considérablement la durée de vie du moule.

Résistance aux chocs et ténacité

La ténacité à la rupture est de 12 à 18 $MPa \cdot m^{1/2}$ et il n'est pas facile de se fissurer même lorsqu'il résiste à des charges d'impact élevées (5 000 à 10 000 N) et à des emboutissages répétés.

Résistance mécanique

La résistance à la traction dépasse 550 MPa à 600 °C et présente une forte résistance à la fatigue thermique et aux charges cycliques, ce qui le rend adapté à la production continue.

Stabilité thermique

Maintient les performances dans les environnements d'emboutissage à haute température de 200 à 600 °C, résistant aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion

En ajoutant du chrome (Cr) ou du molybdène (Mo), le taux de corrosion dans les environnements contenant du liquide de refroidissement ou légèrement acides est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les matrices d'emboutissage en carbure cémenté sont disponibles en différentes nuances selon les exigences de traitement. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6X

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 14-16 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 14,9 g/cm^3, conductivité thermique environ 80 $W/m \cdot K$. Dureté à haute température (600°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,02 $mm^3/N \cdot m$.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux de dureté moyenne (tels que

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

l'acier laminé à froid, l'alliage d'aluminium), pression 50-100 MPa, résistance à la température 400°C, convient pour l'emboutissage de tôles automobiles.

Avantages : haute résistance à l'usure, haute précision, coût modéré.

Limitations : la résistance est légèrement inférieure et une optimisation de la conception est nécessaire.

YG8

Composition : WC 92 %, Co 8 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 16-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,025 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux de dureté moyenne et élevée (tels que l'acier galvanisé, l'acier inoxydable), pression 100-150 MPa, résistance à la température 450°C, convient au moulage de boîtiers d'appareils électroménagers.

Avantages : Résistance à l'usure et ténacité équilibrées, forte durabilité.

Limitation : Un support de revêtement est requis à des pressions extrêmement élevées.

YT15

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 12-14 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,015 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux résistants à la chaleur (tels que l'acier inoxydable, l'alliage de titane), pression 150-200 MPa, résistance à la température 500°C, convient pour l'emboutissage de composants électroniques.

Avantages : résistance aux hautes températures et anti-adhérence, bonne stabilité au moulage.

Limitations : Ténacité légèrement plus faible, le refroidissement doit être optimisé.

YW1

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 15-17 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1050 HV, taux d'usure < 0,01 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage d'acier trempé (tel que HRC 50-60) et d'alliages à haute résistance, pression 150-200 MPa, résistance à la température 550°C, convient pour l'emboutissage de précision.

Avantages : Résistant aux fissures thermiques et à l'usure, adapté aux matériaux de haute dureté.

Limitations : Coût élevé et nécessite un traitement de précision.

YG20

Composition : WC 80 %, Co 20 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3}, conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'emboutissage de matériaux souples (tels que l'alliage d'aluminium, l'alliage de cuivre), pression 50-100 MPa, résistance à la température 400°C, convient

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

pour l'emboutissage à charge légère.

Avantages : Ténacité ultra élevée, résistance aux grandes déformations, adapté aux formes complexes.

Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

3. Détails de l'application

Les matrices d'emboutissage en carbure jouent un rôle essentiel dans de nombreux domaines de transformation. Leurs applications varient selon les conditions des matériaux et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Fabrication de pièces automobiles

Scénario : emboutissage de tôles d'acier laminées à froid et d'acier galvanisé, pression 50-100 MPa, température 200-400°C.

Exigences : résistance à l'usure et aux chocs, forte durabilité.

Produits typiques : matrices d'emboutissage, utilisant la nuance YG6X, résistance à l'usure < 0,02 mm^3 / N · m.

Avantages : haute précision et longue durée de vie.

Traitement des composants électroniques

Scénario : Emboutissage d'acier inoxydable et d'alliages de cuivre, pression 100-150 MPa, température 300-500°C.

Exigences : résistance aux hautes températures et adhérence, résistance à la pression stable.

Produits typiques : Matrices de poinçonnage de précision, utilisant la qualité YT15, résistance à la température 500°C.

Avantages : Haute précision de moulage et adhérence réduite.

Fabrication d'emboutissage de précision

Application : Pressage d'acier trempé et d'acier au tungstène, pression 150-200 MPa, température 400-550°C.

Exigences : résistance aux hautes températures, dureté et résistance à la fatigue.

Produits typiques : matrice de poinçonnage à haute résistance, utilisant la nuance YW1, avec une résistance à la pression de 200 MPa.

Avantages : Résistant aux fissures thermiques et forte durabilité.

Applications spéciales

Moulage complexe : Traitement de pièces multi-courbes devant résister à la déformation.

Estampage haute fréquence : des millions de fois d'estampage, une résistance à l'usure ultra-élevée est requise.

Défi : Les températures ultra-élevées (> 600 ℃) ou les pressions ultra-élevées (> 200 MPa) imposent des exigences de performance plus élevées.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des matrices d'emboutissage en carbure cémenté allie science des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en environnement d'emboutissage. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez des poudres WC et Co de haute pureté, ajoutez du TiC et du TaC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et contrôlez la taille des particules à 0,5-2 μm .

Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.

Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.

Procédé de frittage

Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.

Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.

Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface

PVD : Revêtement TiN ou AlTiN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.

MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 600 ° C.

Polissage : Ra < 0,1 μm , pour réduire l'adhérence de la pièce.

Usinage de précision

Usinage CNC : précision ±0,01 mm, usinage de surface de formage.

EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .

Traitement laser : améliore la précision de la surface.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Test d'usure : emboutissage simulé, 1000 fois.

Essai de pression : 200 MPa, pour détecter la déformation.

Essai de fatigue : 0-100 MPa, $>10^6$ fois.

5. Indicateurs de performance

Résistance à l'usure : 0,01-0,03 mm^3 / N · m.

Résistance aux chocs : 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Résistance mécanique : 600°C, >550 MPa.

Durée de vie en fatigue : $>10^6$ fois.

Résistance à la chaleur : 600°C, dégradation des performances <15%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6. Optimisation des performances et innovation des processus

Formule d'alliage : Augmentez la teneur en Co et ajoutez du TiC / TaC pour améliorer la ténacité et la résistance à la chaleur.

Technologie de revêtement : Multicouche AlTiN + TiCN , 2-10 μm .

Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.

Traitement de surface : Ra < 0,1 μm , nano-revêtement.

Innovation de procédé : impression 3D de formes personnalisées, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

Grâce à une technologie de pointe et à une conception d'applications innovante, les matrices d'emboutissage en carbure cémenté ont considérablement amélioré l'efficacité et la durabilité de l'emboutissage. Face à la demande croissante d'emboutissages complexes et à haute résistance, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tout besoin d' outils d'emboutissage en carbure cémenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Joints mécaniques en carbure

Aperçu

Les garnitures mécaniques en carbure sont des éléments d'étanchéité haute performance conçus pour les industries chimique, pétrolière, électrique et du traitement des eaux. Elles sont largement utilisées dans les joints d'arbre d'équipements tels que les pompes, les compresseurs et les réacteurs. Ces garnitures sont à base de carbure (principalement composé de carbure de tungstène WC et de cobalt Co). L'optimisation de la formule de l'alliage et du procédé de traitement de surface permet d'améliorer considérablement la résistance à l'usure, à la corrosion et à la pression. Les garnitures mécaniques sont utilisées dans des environnements où la pression est élevée (10-50 MPa), la température (200-600 °C), la vitesse de rotation (500-3000 tr/min) et les milieux corrosifs (tels que les acides, les bases et les liquides contenant du sable). Les matériaux traditionnels comme le carbure de silicium ou la céramique sont sujets à l'usure ou à la fissuration dans des conditions extrêmes ; les garnitures mécaniques en carbure constituent donc un choix idéal. Cet article détaille ses caractéristiques techniques, ses applications et ses procédés de fabrication afin de démontrer ses avantages techniques dans les applications d'étanchéité.

1. Caractéristiques techniques

Dureté et résistance à l'usure élevées : la plage de dureté est HV 1600-2000 et le taux d'usure est contrôlé à 0,01-0,03 $mm^3/N \cdot m$. Il convient à l'étanchéité des supports à grande vitesse et contenant des particules et prolonge considérablement la durée de vie.

Résistance aux chocs et ténacité : La ténacité à la rupture est de 12 à 18 $MPa \cdot m^{1/2}$ et il n'est pas facile de se fissurer même sous des charges de pression et d'impact élevées (5 000 à 8 000 N).

Résistance mécanique : La résistance à la traction dépasse 550 MPa à 600 °C, et elle est très résistante à la fatigue thermique et aux vibrations, et convient à un fonctionnement continu.

Stabilité thermique : Maintient les performances dans des environnements à haute température de 200 à 600 °C, résiste aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion.

Résistance à la corrosion : En ajoutant du chrome (Cr) ou du molybdène (Mo), le taux de corrosion dans les environnements acides, alcalins, H_2S ou CO_2 est inférieur à 0,01 mm/an.

2. Matériaux et qualités

Les garnitures mécaniques en carbure cémenté sont disponibles en différentes nuances selon les exigences des applications. Voici les principaux types et leurs caractéristiques :

YG6

Composition : WC 94 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1800-1900, ténacité à la rupture 14-16 $MPa \cdot m^{1/2}$, masse volumique 14,9 g/cm^3, conductivité thermique environ 80 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1200 HV, taux d'usure < 0,02 $mm^3/N \cdot m$.

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux moyennement et faiblement corrosifs (tels que l'eau et l'huile), pression 10-20 MPa, vitesse 500-1500 tr/min, résistance à la température 400°C, convient aux pompes à eau et aux pompes à huile.

Avantages : haute résistance à l'usure, haute précision, coût modéré.

Limitations : Un support de revêtement est nécessaire en cas de corrosion sévère ou de température

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

élevée.

YG8

Composition : WC 92 %, Co 8 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 16-18 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 14,7 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 75 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1100 HV, taux d'usure < 0,025 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux moyennement et hautement corrosifs (tels que les acides faibles et les alcalis faibles), pression 20-30 MPa, vitesse 1000-2000 tr/min, résistance à la température 450°C, convient aux pompes chimiques.

Avantages : Résistance à l'usure et ténacité équilibrées, forte durabilité.

Limitation : Renforcement supplémentaire requis à des pressions extrêmement élevées.

YT15

Composition : WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Caractéristiques : Dureté HV 1750-1850, ténacité à la rupture 12-14 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 11,5 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 60 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,015 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour sceller des supports résistants à la chaleur (tels que l'huile à haute température, la vapeur), pression 30-40 MPa, vitesse 1500-2500 tr/min, résistance à la température 500°C, convient aux réacteurs à haute température.

Avantages : résistance aux hautes températures et anti-adhérence, bonne stabilité d'étanchéité.

Limitations : Ténacité légèrement plus faible, le refroidissement doit être optimisé.

YW1

Composition : WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Caractéristiques : Dureté HV 1700-1800, ténacité à la rupture 15-17 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 12,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 65 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1050 HV, taux d'usure < 0,01 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux hautement corrosifs (tels que le pétrole et le gaz contenant du H_2 S) , pression 40-50 MPa, vitesse 2000-3000 tr/min, résistance à la température 550°C, convient aux pompes de forage pétrolier.

Avantages : Résistant aux fissures thermiques et à la corrosion, adapté aux conditions extrêmes.

Limitations : Coût élevé et nécessite un traitement de précision.

YG20

Composition : WC 80 %, Co 20 %

Caractéristiques : Dureté HV 1600-1700, ténacité à la rupture 18-20 MPa·m $^{1/2}$, masse volumique 13,8 g/cm ^{3} , conductivité thermique environ 68 W/ m·K . Dureté à haute température (600°C) environ 1000 HV, taux d'usure < 0,03 mm ^{3} /N · m.

Scénarios applicables : Convient pour l'étanchéité des milieux contenant des particules (tels que la boue, le mortier), pression 20-30 MPa, vitesse 1000-2000 tr/min, résistance à la température 400°C, convient aux pompes de traitement de l'eau.

Avantages : Ténacité ultra élevée, forte résistance aux chocs, adaptée aux conditions de travail complexes.

Limitations : Résistance à l'usure légèrement faible, traitement de surface requis.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3. Détails de l'application

Les garnitures mécaniques en carbure jouent un rôle essentiel dans de nombreux secteurs industriels. Leurs applications varient selon les conditions du fluide et les exigences du procédé. Voici une analyse détaillée :

Joints de pompe à eau et de pompe à huile

Scénario : Eau d'étanchéité ou huile de lubrification, pression 10-20 MPa, température 20-400°C, vitesse 500-1500 tr/min.

Exigences : anti-usure et faible fuite, forte durabilité.

Produits typiques : Bague d'étanchéité d'extrémité, en grade YG6, résistance à l'usure < 0,02 mm^3 / N · m.

Avantages : haute précision et longue durée de vie.

Joint de pompe chimique

Scénario : Scellage d'acide faible et de base faible, pression 20-30 MPa, température 200-450°C, vitesse 1000-2000 tr/min.

Exigences : résistance à la corrosion et aux hautes températures, stabilité de l'étanchéité.

Produits typiques : Bague d'étanchéité à double extrémité, utilisant la qualité YG8, résistance à la température 450°C.

Avantages : Anti-corrosion, fuites réduites.

Joint de pompe de forage pétrolier

Scénario : Étanchéité d'huile et de gaz contenant du H_2S, pression 40-50 MPa, température 400-550°C, vitesse 2000-3000 tr/min.

Exigences : Résistant aux hautes températures, à la corrosion et aux hautes pressions.

Produits typiques : Bague d'étanchéité haute pression, utilisant la qualité YW1, avec une résistance à la pression de 50 MPa.

Avantages : Résistant aux fissures thermiques et forte durabilité.

Applications spéciales

Joint de pompe à boue : gère les milieux sableux et doit être résistant à l'usure.

Joint haute vitesse : utilisé dans les compresseurs et doit être résistant aux vibrations.

Défi : Les températures ultra-élevées (> 600 °C) ou les pressions ultra-élevées (> 50 MPa) imposent des exigences de performance plus élevées.

4. Explication détaillée du processus de fabrication

Le procédé de fabrication des garnitures mécaniques en carbure cémenté allie science des matériaux et technologie d'usinage de précision pour garantir leur performance en environnement étanche. Voici le détail du procédé et les points techniques :

Préparation des matières premières

Mélange de poudre : utilisez des poudres WC et Co de haute pureté, ajoutez du TiC et du TaC pour optimiser les performances, broyez à boulets pendant 24 à 48 heures et contrôlez la taille des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

particules à 0,5-2 μm .
Optimisation additive : des éléments de terres rares sont ajoutés pour renforcer les joints de grains et des nano-additifs sont ajoutés pour améliorer la densité.

Procédé de moulage
Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 200-300 MPa, densité 60-70 %.
Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1300-1500°C, 100-200 MPa, densité 98%.
Moulage de structures complexes : moulage par injection ou impression 3D, précision ±0,05 mm.
Procédé de frittage
Frittage sous vide : 1400-1600°C, 1-2 heures, éliminer les impuretés.
Frittage en phase liquide : le Co fond pour remplir les pores et optimiser les grains.
Post-traitement : nettoyage plasma, recuit pour soulager les contraintes.

Traitement de surface
PVD : Revêtement TiN ou CrN , 2-10 μm , résistant à l'usure et aux hautes températures.
MCV : Revêtement TiCN ou Al_2O_3 , résistant à la température jusqu'à 600 ° C.
Polissage : Ra < 0,1 μm , réduit les frottements et les fuites.

Usinage de précision
Usinage CNC : précision ±0,01 mm, surface d'étanchéité d'usinage.
EDM : géométrie complexe, Ra 0,05 μm .
Traitement laser : améliore la planéité de la surface.

Contrôle de la qualité
Essai de dureté : GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.
Test d'abrasion : étanchéité simulée, 1000 heures.
Test de pression : 50 MPa, pour détecter les fuites.
Essai de résistance à la fatigue : 0-30 MPa, >10^6 fois.

5. Indicateurs de performance
Résistance à l'usure : 0,01-0,03 mm^3 / N · m.
Résistance aux chocs : 12-18 MPa·$m^{1/2}$.
Résistance mécanique : 600°C, >550 MPa.
Durée de vie en fatigue : >10^6 fois.
Résistance à la chaleur : 600°C, dégradation des performances <15%.

6. Optimisation des performances et innovation des processus
Formule d'alliage : Augmentez la teneur en Co et ajoutez du TiC / TaC pour améliorer la ténacité et la résistance à la chaleur.
Technologie de revêtement : Multicouche TiN + CrN , 2-10 μm .
Traitement thermique : mise en solution solide + vieillissement, optimisation des joints de grains.
Traitement de surface : Ra < 0,1 μm , revêtement anti-corrosion.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Innovation de procédé : impression 3D de formes personnalisées, paramètres de frittage optimisés par l'IA.

Les garnitures mécaniques en carbure cémenté ont considérablement amélioré leur efficacité d'étanchéité et leur durabilité grâce à des procédés et des conceptions d'applications avancés. Face à la demande croissante de traitements haute pression, haute température et milieux complexes, l'optimisation du carbure cémenté continuera de favoriser son progrès technologique.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP LTD a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en joints en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

le carbure cémenté tungstène-cobalt (YG) ?

Le carbure cémenté tungstène-cobalt (YG) est un matériau industriel aux excellentes performances. Grâce à sa dureté, sa résistance à l'usure et sa ténacité exceptionnelles, il est devenu un produit phare incontournable de la fabrication moderne. Ce matériau est principalement fritté à partir de carbure de tungstène (WC) comme phase dure et de cobalt (Co) comme phase de liaison, grâce à un procédé avancé de métallurgie des poudres. Il est largement utilisé dans les outils de coupe, les matrices d'emboutissage, les outils miniers et diverses pièces résistantes à l'usure. Son nom « YG » vient de l'abréviation chinoise pinyin de « tungstène-cobalt », ce qui reflète parfaitement ses composants de base et sa valeur unique. Matériau composite haute performance, le carbure cémenté tungstène-cobalt offre des solutions efficaces et fiables à de nombreux secteurs industriels grâce à ses excellentes propriétés physiques et mécaniques, contribuant à améliorer l'efficacité de la production et à garantir la qualité des produits.

Composition et structure du produit en carbure cémenté tungstène-cobalt (YG)

Le carbure cémenté tungstène-cobalt se distingue par sa composition scientifique et sa microstructure précise. Le carbure de tungstène constitue la phase dure du matériau, représentant 70 à 94 % du poids total. Sa structure cristalline hexagonale, d'une dureté allant jusqu'à HV 1800-2200, proche de celle du diamant naturel, lui permet de résister efficacement à l'usure et aux fortes charges lors de la coupe. Le cobalt, utilisé comme phase de liaison, en contient généralement entre 6 et 30 %. C'est un métal à bas point de fusion qui fond et comble uniformément les espaces entre les particules de carbure de tungstène lors du frittage, conférant au matériau une excellente ténacité et une excellente résistance aux chocs. De plus, afin d' améliorer encore les performances, des additifs traces tels que le carbure de titane (TiC), le carbure de tantale (TaC) ou le carbure de niobium (NbC) peuvent être ajoutés selon les besoins. Ces ingrédients peuvent améliorer la stabilité à haute température, la résistance à la corrosion ou affiner les grains pour répondre aux exigences d'applications spécifiques. À l'échelle microscopique, le carbure cémenté tungstène-cobalt présente une structure polycristalline, avec des particules de carbure de tungstène uniformément réparties et des phases de cobalt formant un réseau de liaisons continu. Cette conception structurelle garantit la stabilité et la fiabilité du matériau dans des environnements d'utilisation intensive.

Caractéristiques de performance du carbure cémenté tungstène-cobalt (YG)

Le carbure cémenté tungstène-cobalt est reconnu pour ses excellentes performances. Sa dureté élevée est un atout majeur. Sa plage de dureté comprise entre HV 1600 et 2000 est suffisante pour l'usinage de matériaux d'une dureté allant jusqu'à HRC 60 ou plus, tels que l'acier trempé ou la fonte. Cette dureté élevée lui permet d'être performant lors des processus de découpe, d'emboutissage et de rectification, prolongeant ainsi considérablement la durée de vie des outils et des moules. Sa résistance à l'usure est excellente, avec un taux d'usure de seulement 0,01 à 0,03 $mm^3/N \cdot m$, bien supérieur à celui des outils traditionnels en acier rapide, et il assure une stabilité à long terme à des vitesses élevées (plus de 2000 tr/min) ou dans des milieux contenant du sable. De plus, le carbure cémenté tungstène-cobalt présente une bonne ténacité, avec une résistance à la rupture de 12 à 20 $MPa \cdot m^{1/2}$. L'augmentation de la teneur en cobalt améliore encore la résistance aux chocs du

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

matériau, le rendant particulièrement adapté aux conditions de travail soumises à de fortes charges d'impact. En termes de stabilité thermique, le matériau conserve une dureté élevée (supérieure à 1 000 HV) à des températures élevées de 600 à 800 °C, résiste aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion, et convient aux environnements de traitement à haute température. Concernant la résistance à la corrosion, les performances de base sont suffisantes pour supporter des environnements acido-basiques modérés (pH 4 à 10). L'ajout d'éléments tels que le chrome ou le nickel permet d'améliorer encore sa résistance à la corrosion pour répondre à des besoins spécifiques, notamment dans l'industrie chimique. Il est à noter qu'après polissage fin, la rugosité de surface du produit peut atteindre Ra < 0,1 μm , avec un faible frottement et des caractéristiques anti-adhérence, ce qui le rend particulièrement adapté à la manipulation de fluides visqueux ou aux applications nécessitant une étanchéité de haute précision.

Classification des produits et nuances de carbure cémenté tungstène-cobalt (YG)

Le carbure cémenté tungstène-cobalt est divisé en plusieurs nuances en fonction de la teneur en cobalt et des scénarios d'application, et chaque nuance est optimisée pour des besoins spécifiques.

Le carbure cémenté tungstène-cobalt a développé un riche système de nuances basé sur la teneur en cobalt, la granulométrie, le type d'additif et la diversité des applications ciblées. Ces nuances répondent précisément à divers besoins, de la coupe de haute précision à la résistance à l'usure intensive. Voici une introduction détaillée et une analyse de la classification des principales nuances, couvrant leur composition, leurs paramètres de performance, leurs applications et leurs utilisations typiques. Le tableau suivant résume ces informations pour une compréhension intuitive :

Classification des produits et nuances de carbure cémenté tungstène-cobalt (YG)

Marque	Élément (poids%)	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture ($MPa \cdot m^{1/2}$)	densité (g/cm^3)	Conductivité thermique (W/ m·K)	Scénarios applicables	Utilisations typiques
YG6	WC 94 %, Co 6 %	1800-1900	14-16	14,9	80	Découpe de fonte, métaux non ferreux, poinçonnage de plaques minces	Outils de tournage, filières de tréfilage
YG6X	WC 94 %, Co 6 % (Grain ultrafin)	1900-2000	13-15	14,9	80	Découpe de précision, micro-outils	Micro-foret, outil de tournage de précision
YG8	WC 92 %, Co 8 %	1700-1800	16-18	14,7	75	Matrices d'emboutissage, traitement des matériaux de dureté moyenne	Matrices d'emboutissage, forets miniers
YG10	WC 90 %, Co 10 %	1650-1750	17-19	14,5	73	Outils de coupe à	Fraise, foret

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	Élément (poids%)	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m¹ ᐟ ²)	densité (g/cm³)	Conductivité thermique (W/ m·K)	Scénarios applicables	Utilisations typiques
						usage général, charges d'impact	général
YG12	WC 88 %, Co 12 %	1600-1700	18-20	14.2	70	Pièces de coupe à fort impact et résistantes à l'usure	Couteaux à creuser, matrices d'estampage
YG15	WC 85 %, Co 15 %	1500-1600	18-20	14.0	68	Conditions d'impact élevé, outils de creusement de tunnels	Excavatrice, brise-roche
YG20	WC 80 %, Co 20 %	1500-1600	20-25	13,8	68	Résistant aux impacts importants et aux milieux contenant des particules	Foret, buse
YT5	WC 81 %, TiC 15 %, Co 4 %	1750-1850	12-14	11,8	60	Découpe d'acier, usinage à grande vitesse	Outils de tournage, fraises
YT15	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	1700-1800	12-14	11,5	60	Matériaux de découpe et d'emboutissage résistants à la chaleur	Moule à haute température, moule d'étirement
YW1	WC 78%, TiC 10%, TaC 2 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12,8	65	Environnement fortement corrosif, traitement à haute pression	Bague d'étanchéité, buse chimique
YC40	WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %	1600-1700	18-20	11.2	55	Estampage de matériaux de haute dureté, pièce traitée thermiquement	Matrices d'emboutissage robustes

L'YG6 est une nuance classique avec une teneur en cobalt de 6 %. Sa dureté élevée et son excellente résistance à l'usure en font un matériau particulièrement adapté à la découpe de la fonte et des métaux non ferreux, ainsi qu'à l'emboutissage de plaques minces. Il est largement utilisé dans la fabrication d'outils de haute précision tels que les outils de tournage et les matrices de tréfilage. Sa faible teneur en cobalt assure la dureté du matériau, tout en lui conférant une ténacité modérée, adaptée aux conditions de charge moyenne.

Le YG6X est une variante ultrafine du YG6, dont la granulométrie est inférieure à 1 μm . Grâce à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

une technologie de raffinage, sa dureté est portée à HV 1900-2000 et sa résistance à l'usure est encore améliorée. Il est particulièrement adapté à la coupe de précision et aux micro-outils tels que les micro-forets et les outils de tournage de précision.

L'YG8 a une teneur en cobalt de 8 % et sa dureté est légèrement réduite à HV 1700-1800, mais sa ténacité est augmentée à 16-18 MPa·m¹ / ². Il offre à la fois dureté et résistance aux chocs, et constitue le choix privilégié pour les matrices d'emboutissage et les forets miniers, adaptés au traitement des matériaux de dureté moyenne.

Le YG10 contient 10 % de cobalt, présente une dureté HV de 1650-1750 et une ténacité de 17-19 MPa·m¹ / ². C'est une nuance polyvalente, largement utilisée dans les fraises et les forets, et elle convient à diverses conditions de coupe et de charge d'impact.

Le YG12 a une teneur en cobalt de 12 %, une dureté de HV 1600-1700 et une ténacité de 18-20 MPa·m ¹ / ² . Il convient à la découpe à fort impact et à la fabrication de pièces résistantes à l'usure, telles que les excavatrices et les matrices d'emboutissage.

L'YG15 contient 15 % de cobalt, présente une dureté HV de 1 500 à 1 600 et une ténacité de 18 à 20 MPa·m¹ / ². Il est conçu pour les environnements à fort impact, comme les tunneliers et les brise-roches, et est particulièrement adapté aux industries minière et de la construction.

L'YG20 présente une teneur en cobalt allant jusqu'à 20 %, une dureté HV de 1 500 à 1 600 et une ténacité de 20 à 25 MPa· m¹/ ². Il offre une résistance aux chocs extrêmement élevée et convient aux environnements complexes avec des impacts importants et des fluides granulaires, tels que les forets et les buses.

YT5 introduit 15% de TiC , la teneur en cobalt est réduite à 4%, la dureté est HV 1750-1850, il a une excellente résistance à la chaleur, convient à la coupe à grande vitesse de l'acier et est largement utilisé dans les outils de tournage et les fraises.

Le YT15 contient 6 % de cobalt et 15 % de TiC , avec une dureté HV de 1700-1800. Il présente d'excellentes propriétés de résistance à la chaleur et d'anti-adhérence et convient à l'emboutissage de matériaux résistants à la chaleur et de moules haute température.

Le YW1 contient 10 % de Co, 10 % de TiC et 2 % de TaC , avec une dureté HV de 1700-1800 et une ténacité de 15-17 MPa·m¹ / ². Il présente une forte résistance à la corrosion et convient aux environnements hautement corrosifs et aux traitements haute pression, tels que les bagues d'étanchéité et les buses chimiques.

Le YC40 contient 10 % de Co et 20 % de TiC , avec une dureté HV de 1600-1700 et une ténacité de 18-20 MPa·m¹ / ². Il est spécialement conçu pour l'emboutissage et le traitement thermique de pièces en matériaux de haute dureté, comme les matrices d'emboutissage lourdes.

La diversité de ces nuances reflète la flexibilité du carbure cémenté tungstène-cobalt. Les utilisateurs peuvent choisir la nuance appropriée en fonction de leurs besoins d'usinage spécifiques et trouver des produits adaptés, allant de la coupe de précision à haute dureté aux applications de charges lourdes à haute ténacité.

Procédé de fabrication de produits en carbure cémenté tungstène-cobalt (YG)

Le procédé de fabrication du carbure cémenté tungstène-cobalt incarne l'essence même de la science moderne des matériaux. De la préparation des matières premières au produit final, chaque étape est rigoureusement contrôlée. Tout d'abord, des poudres de carbure de tungstène et de cobalt de haute

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

pureté, d'une granulométrie de 0,5 à 2 μm , sont sélectionnées, puis mélangées à un dispersant par broyage humide à billes pendant 24 à 48 heures afin d'assurer une composition homogène. Le mélange est ensuite séché et granulé par séchage par atomisation. La granulométrie est alors inférieure à 5 μm , ce qui constitue la base du moulage ultérieur. Le procédé de moulage comprend le pressage isostatique à froid (NEP, pression de 200 à 300 MPa) ou le pressage isostatique à chaud (CIC, 1 300 à 1 500 °C, pression de 100 à 200 MPa), permettant d'obtenir une densité à l'état cru de 60 à 70 %, portée à plus de 98 % par CIC. Pour les géométries complexes, le moulage par injection de métal (MIM) ou l'impression 3D peuvent être utilisés avec une précision allant jusqu'à ± 0,05 mm. Le procédé de frittage utilise le frittage sous vide (1 400-1 600 °C, 1 à 2 heures) ou le frittage en phase liquide. Le cobalt fond à haute température pour remplir les pores et contrôler la granulométrie entre 1 et 5 μm . Après le frittage, un nettoyage plasma et un recuit (800-1 000 °C) sont utilisés pour éliminer la couche d'oxyde superficielle et libérer les contraintes internes. Enfin, le produit est traité par rectification de précision CNC (précision ± 0,01 mm), revêtement PVD (par exemple, TiN , épaisseur 2 à 10 μm) ou polissage mécano-chimique (rugosité de surface Ra < 0,1 μm), ce qui permet d'obtenir un état de surface et des caractéristiques fonctionnelles de haute qualité.

Domaines d'application du carbure cémenté tungstène-cobalt (YG)

Le carbure cémenté tungstène-cobalt a démontré sa grande valeur ajoutée dans de nombreux secteurs industriels grâce à ses nombreux avantages en termes de performances. Dans le domaine des outils de coupe, les outils de tournage, les fraises et les forets utilisent les nuances YG6 ou YG8, capables d'usiner efficacement l'acier, la fonte et les métaux non ferreux, avec des vitesses de coupe allant jusqu'à 100-300 m/min et une durée de vie supérieure à 1 000 heures. Elles sont largement utilisées dans les pièces de moteurs automobiles et l'usinage de précision. Concernant les matrices d'emboutissage, les nuances YG8 et YG15 sont utilisées pour l'emboutissage de plaques automobiles et de composants électroniques. Elles offrent une excellente résistance à l'usure et peuvent être embouties plus d'un million de fois, garantissant qualité et efficacité de production. Dans le domaine des outils miniers, les nuances YG15 et YG20 de forets, couteaux de tunnelier et brise-roches permettent de creuser des tunnels dans des roches dures (dureté Mohs 6-9), améliorant ainsi considérablement l'efficacité minière. Les pièces résistantes à l'usure, telles que les buses, les joints et les obus de soupape, bénéficient de l'excellente ténacité du YG20 pour résister aux particules abrasives et à la corrosion, et sont particulièrement adaptées au forage pétrolier et à l'injection chimique. De plus, le carbure cémenté tungstène-cobalt est également utilisé pour l'usinage des alliages de titane et de l'Inconel 718 dans l'aéronautique, dans le secteur de l'énergie pour les joints de soupapes des centrales nucléaires, et dans le secteur médical pour la fabrication de forets dentaires, démontrant ainsi pleinement son rôle important dans les industries de haute technologie.

Le carbure cémenté tungstène-cobalt (YG) est devenu un matériau incontournable de la production industrielle grâce à ses excellentes propriétés de dureté, de résistance à l'usure, de ténacité et de stabilité thermique. Sa composition scientifique, son procédé de fabrication précis et sa sélection diversifiée de nuances lui permettent de répondre à un large éventail de besoins, des applications quotidiennes aux conditions de travail extrêmes. Qu'il s'agisse d'améliorer l'efficacité de coupe, de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

prolonger la durée de vie des moules ou d'accroître la fiabilité des pièces résistantes à l'usure, le carbure cémenté tungstène-cobalt est un atout majeur pour de nombreuses industries.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

le carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT) ?

Le carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT) est un matériau composite fritté hautes performances, composé de carbure de tungstène (WC) et de carbure de titane (TiC) comme phases dures et de cobalt (Co) comme phase de liaison, obtenu par un procédé avancé de métallurgie des poudres. YT est l'abréviation de « Yong Ti », ce qui reflète ses caractéristiques de composition uniques. Ce matériau est particulièrement adapté à l'usinage de l'acier et des alliages réfractaires dans le secteur industriel grâce à ses excellentes propriétés de résistance à la chaleur, à l'usure et à la coupe. Il est devenu un matériau de choix pour la fabrication d'outils de coupe et de moules. Grâce à l'ajustement du rapport TiC /Co et à l'optimisation de la structure des grains, le carbure cémenté tungstène-titane-cobalt répond à divers besoins, de la coupe à grande vitesse à l'usinage à haute température, offrant des solutions efficaces et durables pour l'industrie manufacturière.

Composition et structure du produit en carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT)

Les propriétés uniques du carbure cémenté tungstène-titane-cobalt proviennent de sa composition scientifique et de sa microstructure précise. Le carbure de tungstène (WC), principale phase dure (70 à 85 % du poids total), offre une dureté élevée (HV 1700-2000) et une excellente résistance à l'usure. Sa structure hexagonale lui permet de rester stable à haute température. Le carbure de titane (TiC), phase dure auxiliaire (généralement entre 5 et 20 %), améliore considérablement la résistance à la chaleur et les propriétés anti-adhérentes du matériau, particulièrement adapté à la prévention des arêtes rapportées lors de la coupe de l'acier. Le cobalt (Co), phase de liaison (généralement entre 4 et 10 %), fond lors du frittage et comble les espaces entre les particules de WC et de TiC , conférant au matériau une bonne ténacité et une bonne résistance aux chocs. De plus, des additifs traces tels que le carbure de tantale (TaC) ou le carbure de niobium (NbC) peuvent être ajoutés selon les besoins pour améliorer la dureté à haute température et affiner les grains. Microscopiquement, le carbure cémenté YT présente une structure polycristalline, avec des particules de WC et de TiC uniformément réparties et du Co formant un réseau de liaisons continu. Cette conception structurelle garantit la fiabilité et la stabilité du matériau dans des environnements à haute température et à forte charge.

Caractéristiques de performance du carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT)

Le carbure cémenté tungstène-titane-cobalt est reconnu pour ses performances exceptionnelles. Son principal atout réside dans sa dureté élevée. Sa plage de dureté, comprise entre HV 1700 et 2000, lui permet de couper efficacement l'acier et les alliages réfractaires d'une dureté allant jusqu'à HRC 60 ou plus. Cette dureté élevée lui confère d'excellentes performances en coupe à grande vitesse et en usinage intensif, prolongeant ainsi considérablement sa durée de vie. De plus, sa résistance à l'usure est excellente, avec un taux d'usure de seulement 0,01 à 0,02 $mm^3/N \cdot m$, bien supérieur à celui des outils traditionnels en acier rapide. Il assure une stabilité à long terme lors de l'usinage à grande vitesse (1000 à 3000 tr/min) ou d'aciers contenant des oxydes. L'ajout de TiC confère également au matériau une excellente résistance à la chaleur. Il conserve une dureté élevée (> 1 000 HV) à des températures élevées de 600 à 900 °C, résiste aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion et est particulièrement adapté aux environnements de coupe à haute température. De plus,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

la ténacité à la rupture du carbure cémenté tungstène-titane-cobalt est comprise entre 12 et 16 MPa·m¹ / ². La teneur en Co affecte directement la ténacité et convient aux conditions de travail avec des charges d'impact moyennes. En termes de résistance à la corrosion, les performances de base sont suffisantes pour supporter un environnement légèrement acide et alcalin (pH 4-10), et la stabilité chimique du TiC réduit encore la tendance à l'adhérence lors de la coupe de l'acier. Après polissage fin, la rugosité de surface du produit peut atteindre Ra < 0,1 μm , avec un faible frottement et des caractéristiques anti-adhérence, ce qui est particulièrement adapté à la réduction de la formation d'arêtes rapportées lors de l'usinage à grande vitesse.

Classification des produits et nuances de carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT)

Le carbure cémenté tungstène-titane-cobalt a été développé en plusieurs nuances, en fonction des teneurs en TiC et en Co, et des applications ciblées. Ces nuances répondent parfaitement à des besoins variés, de l'usinage à grande vitesse à l'emboutissage à haute température. Voici une introduction détaillée et une analyse de la classification des principales nuances, couvrant leur composition, leurs paramètres de performance, leurs scénarios d'application et leurs utilisations typiques. Le tableau suivant résume ces informations pour une compréhension intuitive :

Classification des produits et nuances de carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT)

Marque	Composition (% en poids)	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m¹ / ²)	densité (g/cm³)	Conductivité thermique (W/ m·K)	Scénarios applicables	Utilisations typiques
YT5	WC 81 %, TiC 15 %, Co 4 %	1750-1850	12-14	11,8	60	Découpe à grande vitesse de l'acier et des matériaux durs	Outils de tournage, fraises
YT14	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11.6	58	Découpe d'acier à vitesse moyenne, semi-finition	Outils de tournage, filières de tréfilage
YT15	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11,5	60	Matériaux de découpe et d'emboutissage résistants à la chaleur	Moule à haute température, moule d'étirement
YT30	WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %	1600-1700	14-16	11.2	55	Découpe et emboutissage intensifs d'aciers de haute dureté	Matrices de poinçonnage lourdes, couteaux de coupe
YT5	WC 82 %, TiC 13 %, Co 5 %	1800-1900	12-13	11,9	62	Découpe de précision de l'acier, usinage à grande vitesse	Outils de tournage de précision et fraises
YT9	WC 80 %, TiC	1650-1750	14-15	11.7	65	Découpe à impact	Outils de tournage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	Composition (% en poids)	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m¹ / ²)	densité (g/cm³)	Conductivité thermique (W/ m·K)	Scénarios applicables	Utilisations typiques
	10 %, Co 10 %					moyen, usinage général	universels, forets
YT18	WC 77 %, TiC 15 %, Co 8 %	1650-1750	13-15	11.4	58	Découpe de l'acier inoxydable et des alliages résistants à la chaleur	Couteaux et moules de coupe en acier inoxydable
YT25	WC 75 %, TiC 15 %, Co 10 %	1600-1700	15-16	11.3	57	Estampage à haute température, découpe intermittente	Matrice d'emboutissage à haute température, couteau interrompu
YT10	WC 80 %, TiC 10 %, Co 10 %	1700-1800	13-14	11.7	63	Découpe de fonte, traitement mixte de l'acier	Lame de coupe pour matériaux mixtes
YT8	WC 82 %, TiC 10 %, Co 8 %	1700-1800	13-15	11.6	60	Découpe et emboutissage de matériaux mi-durs	Matrices d'emboutissage, outils de coupe

Le YT5 est une nuance de dureté élevée, contenant 4 % de Co et 15 % de TiC , avec une dureté HV de 1750-1850 et une ténacité à la rupture de 12-14 MPa·m¹ / ². Il est particulièrement adapté à l'usinage à grande vitesse de l'acier et des matériaux durs et est largement utilisé dans les outils de tournage et les fraises. Sa faible teneur en cobalt assure une résistance élevée à l'usure, mais une ténacité modérée, adaptée aux conditions d'usinage continu.

Le YT14 contient 6 % de Co et 15 % de TiC , avec une dureté HV de 1700-1800 et une ténacité de 12-14 MPa·m¹ / ². Il convient à l'usinage de l'acier à vitesse moyenne et à la semi-finition. Il est couramment utilisé dans les outils de tournage et les matrices de tréfilage, et offre une résistance à la chaleur et à l'usure.

Le YT15 contient également 6 % de cobalt et 15 % de TiC , avec une dureté HV de 1700-1800. Il présente d'excellentes propriétés de résistance à la chaleur et d'anti-adhérence et est particulièrement adapté à l'emboutissage de matériaux résistants à la chaleur et à la fabrication de moules haute température, tels que les matrices d'emboutissage et d'estampage à chaud.

Le YT30 contient 10 % de Co et 20 % de TiC , avec une dureté HV de 1600-1700 et une ténacité de 14-16 MPa·m¹ / ². Il est conçu pour la découpe et l'emboutissage intensifs des aciers à haute dureté et convient aux matrices d'emboutissage et aux couteaux de découpe haute résistance.

L'YT5A contient 5 % de Co et 13 % de TiC , avec une dureté HV de 1800-1900 et une ténacité de 12-13 MPa·m¹ / ². Il optimise les performances de coupe de précision et est largement utilisé dans les outils de tournage de précision et les fraises.

Le YT9 contient 10 % de Co et 10 % de TiC , présente une dureté HV de 1650-1750 et une ténacité de 14-15 MPa·m¹ / ². Il s'agit d'une nuance polyvalente adaptée à la coupe à impact moyen et à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

l'usinage de matériaux mixtes, comme les outils de tournage et les forets à usage général.
Le YT18 contient 8 % de Co et 15 % de TiC , avec une dureté HV de 1650-1750 et une ténacité de 13-15 MPa·m¹ / ². Il présente une forte résistance à la chaleur et à la corrosion et est particulièrement adapté à la découpe de l'acier inoxydable et des alliages résistants à la chaleur.
Le YT25 contient 10 % de Co et 15 % de TiC , avec une dureté HV de 1600-1700 et une ténacité de 15-16 MPa·m¹ / ². Il est conçu pour l'emboutissage à haute température et la découpe intermittente, et convient aux matrices d'emboutissage à haute température et aux couteaux de découpe intermittente.
L'YT10 contient 10 % de Co et 10 % de TiC , avec une dureté HV de 1700-1800 et une ténacité de 13-14 MPa·m¹ / ². Il convient à la coupe mixte de la fonte et de l'acier, offrant des performances équilibrées.
L'YT8 contient 8 % de Co et 10 % de TiC , avec une dureté HV de 1700-1800 et une ténacité de 13-15 MPa·m¹ / ². Il convient à la découpe de matériaux de dureté moyenne et à la fabrication d'outils d'emboutissage.
La diversité de ces nuances reflète la flexibilité des carbures cémentés tungstène-titane-cobalt. Les utilisateurs peuvent choisir la nuance appropriée en fonction de facteurs tels que la vitesse de coupe, la dureté du matériau et les conditions de température, et trouver des produits adaptés, de la coupe de précision à grande vitesse à l'usinage haute température sous fortes charges.

Procédé de fabrication de produits en carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT)

Le procédé de fabrication du carbure cémenté tungstène-titane-cobalt incarne l'essence même de la science moderne des matériaux. De la préparation des matières premières au produit final, chaque étape est rigoureusement contrôlée. Tout d'abord, des poudres de carbure de tungstène, de carbure de titane et de cobalt de haute pureté sont sélectionnées, avec une granulométrie de 0,5 à 2 μm , puis mélangées à un dispersant par broyage humide à boulets pendant 24 à 48 heures afin d'assurer une composition homogène. Ensuite, le mélange est séché et granulé par atomisation. La granulométrie est inférieure à 5 μm , ce qui permet le moulage ultérieur. Le procédé de moulage comprend le pressage isostatique à froid (NEP, pression de 200 à 300 MPa) ou le pressage isostatique à chaud (CIC, 1 300 à 1 500 °C, pression de 100 à 200 MPa), de sorte que la densité du corps vert atteint 60 à 70 %, et dépasse 98 % grâce au procédé CIC. Pour les géométries complexes, le moulage par injection de métal (MIM) ou l'impression 3D peuvent être utilisés avec une précision allant jusqu'à ± 0,05 mm. Le procédé de frittage utilise le frittage sous vide (1 400 à 1 600 °C, 1 à 2 heures) ou le frittage en phase liquide. Le cobalt fond à haute température pour remplir les pores et contrôler la granulométrie entre 1 et 5 μm . Après le frittage, un nettoyage au plasma et un recuit (800 à 1 000 °C) sont utilisés pour éliminer la couche d'oxyde superficielle et libérer les contraintes internes. Enfin, le produit est traité par meulage de précision CNC (précision ± 0,01 mm), revêtement PVD (tel que TiN , épaisseur 2-10 μm) ou polissage mécano-chimique (rugosité de surface Ra < 0,1 μm), présentant une finition de surface de haute qualité et des caractéristiques fonctionnelles.

Domaines d'application du carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Le carbure cémenté tungstène-titane-cobalt offre de nombreuses applications dans de nombreux secteurs industriels grâce à ses nombreux avantages en termes de performances. Son excellente résistance à la chaleur et ses excellentes performances de coupe le rendent particulièrement performant dans les environnements d'usinage à haute température et à grande vitesse. Voici une description détaillée de ses principaux domaines d'application, ainsi qu'une liste de scénarios et d'exemples d'application spécifiques :

Domaine des outils de coupe

Description : Les nuances YT5, YT5A et YT14 sont largement utilisées dans la fabrication d'outils de tournage, de fraises et de forets grâce à leur dureté et leur résistance à l'usure élevées. Elles sont très efficaces pour l'usinage de l'acier, du carbure et de la fonte. Leur vitesse de coupe peut atteindre 200 à 300 m/min et leur durée de vie peut atteindre 800 à 1 200 heures, ce qui améliore considérablement l'efficacité d'usinage. La nuance YT18 est particulièrement adaptée à la coupe de l'acier inoxydable et des alliages résistants à la chaleur tels que l'Inconel 718, réduisant ainsi les arêtes rapportées et préservant la stabilité des arêtes.

Applications spécifiques :

Traitement de pièces automobiles : traitement de blocs-cylindres de moteurs et de vilebrequins.

Fabrication mécanique : production d'engrenages de précision et de pièces d'arbre.

Exemple : Une usine automobile a utilisé un outil de tournage YT5 pour traiter des bielles en acier, augmentant ainsi leur durée de vie de 30 %.

Champ de matrices d'emboutissage

Description : Les nuances YT15 et YT30 sont largement utilisées pour l'emboutissage de matériaux résistants à la chaleur et d'aciers à haute dureté grâce à leur résistance à la chaleur et à leur grande ténacité, tels que les panneaux automobiles, les boîtiers de composants électroniques et les pièces de structure. Le nombre d'emboutissages peut dépasser 800 000, et la surface du moule présente une excellente résistance à l'adhérence, garantissant une précision et une qualité de surface élevées de la pièce. La nuance YT25 est particulièrement adaptée à l'emboutissage à haute température et répond aux exigences de moulage de formes géométriques complexes.

Applications spécifiques :

Fabrication automobile : emboutissage de panneaux de portes et de pare-chocs.

Industrie électronique : production de boîtiers et de connecteurs pour téléphones portables.

Exemple : Une entreprise d'électronique a utilisé la matrice YT15 pour estamper des boîtiers en acier inoxydable, qui ont fonctionné en continu 500 000 fois sans usure notable.

Domaine de traitement à haute température

Description : Les nuances YT18 et YT25 sont largement utilisées pour la découpe et l'emboutissage à haute température d'alliages résistants à la chaleur tels que les alliages de titane et les alliages à base de nickel, grâce à leur excellente résistance à la chaleur (jusqu'à 900 °C) et à l'oxydation. Elles sont particulièrement performantes dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'énergie et de la chimie, et permettent de maintenir des performances de coupe et une durée de vie des matrices stables dans des environnements à haute température. La nuance YT15 convient également à l'usinage de pièces

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

après traitement thermique afin de réduire les déformations thermiques.
Applications spécifiques :
Aéronautique : usinage d'aubes et de carters de turbines.
Industrie de l'énergie : découpe de tubes de chaudières et de composants de vannes.
Exemple : une compagnie aérienne a utilisé le YT25 pour couper des boîtiers en alliage de titane, augmentant ainsi l'efficacité du traitement de 25 %.

Domaine des pièces résistantes à l'usure

Description : Les nuances YT15 et YT30 sont utilisées pour la fabrication d'outils d'emboutissage, d'outils d'estampage à chaud et de revêtements anti-usure grâce à leur excellente résistance à la chaleur et à l'usure. Elles sont largement utilisées dans l'industrie automobile et l'industrie des machines lourdes. Ces pièces résistent à l'usure et à l'adhérence à haute température, prolongent leur durée de vie et offrent d'excellentes performances, notamment en production continue. La nuance YT9 peut également être utilisée pour la fabrication de revêtements anti-usure afin d'améliorer les performances de surface des équipements.
Applications spécifiques :
moules en tôle d'acier pour formage à chaud .
Machines lourdes : fabrication de garnitures résistantes à l'usure et de rails de guidage.
Exemple : Un constructeur automobile utilise des matrices d'emboutissage YT15 pour produire des pièces formées à chaud avec une durée de vie de 100 000 fois.

Industrie de l'énergie et de la chimie

Description : Les nuances YT18 et YW1 sont largement utilisées dans les joints de vannes, les buses haute pression et les chemises de réacteurs des équipements énergétiques et chimiques en raison de leur résistance à la corrosion et de leur stabilité à haute température. Ces pièces peuvent fonctionner longtemps dans des environnements contenant des acides, des bases ou des gaz à haute température, réduisant ainsi les fuites et l'usure. La nuance YT25 convient également au traitement des supports de catalyseurs à haute température afin de garantir la stabilité des réactions chimiques.
Applications spécifiques :
Industrie pétrochimique : traitement des pipelines et réacteurs à haute pression.
Equipements énergétiques : fabrication de composants de vannes pour centrales nucléaires.
Exemple : Une raffinerie a utilisé des buses YT18 pendant 5 000 heures de fonctionnement sans aucun signe évident de corrosion.

Fabrication médicale et de précision

Description : Les nuances YT5A et YT9 sont utilisées dans la fabrication de forets dentaires, d'outils de micro-coupe et de moules de précision grâce à leur haute précision et leur résistance à l'usure. Ces outils sont performants en chirurgie médicale et en production de composants électroniques, et offrent une précision d'usinage de l'ordre du micron. La nuance YT10 est également adaptée à l'usinage de matériaux mixtes pour répondre aux besoins des produits multi-matériaux.
Applications spécifiques :
Industrie médicale : production d'outils chirurgicaux dentaires et orthopédiques.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Fabrication électronique : traitement de micro connecteurs et de capteurs.
Exemple : Une entreprise de dispositifs médicaux utilise des forets YT5A pour traiter des vis osseuses avec une précision de ± 0,01 mm.

Défense et industries spéciales
Description : Les nuances YT30 et YT25 sont utilisées dans l'industrie de la défense pour la découpe de matériaux de blindage, le traitement de composants de missiles et le formage d'alliages spéciaux en raison de leur ténacité et de leur résistance à la chaleur élevées. Ces applications nécessitent des matériaux capables de maintenir leurs performances dans des conditions extrêmes. Le YT18 peut également être utilisé pour la fabrication de moules militaires de haute précision.
Applications spécifiques :
Fabrication de défense : découpe de l'acier de blindage des chars.
Industrie aérospatiale : transformation de composants de moteurs de fusée.
Exemple : Une entreprise de défense a utilisé le YT30 pour couper l'acier blindé, augmentant ainsi sa durée de vie de 40 %.
La large application du carbure cémenté tungstène-titane-cobalt dans ces domaines démontre pleinement ses excellentes performances dans des environnements de traitement à haute température, à grande vitesse et complexes, offrant des solutions de traitement efficaces et durables pour diverses industries.

Le carbure cémenté tungstène-titane-cobalt (YT) est devenu un matériau incontournable pour la découpe industrielle et l'usinage à haute température grâce à son excellente dureté, sa résistance à la chaleur, à l'usure et à l'adhérence. Sa composition scientifique, son procédé de fabrication précis et sa sélection diversifiée de nuances lui permettent de répondre à un large éventail de besoins, de la découpe à grande vitesse à l'emboutissage à haute température.

le carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW) ?

Le carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW) est un matériau composite fritté hautes performances, composé de carbure de tungstène (WC), de carbure de titane (TiC) et de carbure de tantale (TaC) comme phases dures et de cobalt (Co) comme phase de liaison, obtenu par métallurgie des poudres avancée. YW est l'abréviation de « Yong Ti » et « Tan », reflétant la combinaison unique de ses ingrédients. Ce matériau est particulièrement adapté aux environnements d'usinage extrêmes, tels que la découpe de matériaux très durs, l'étanchéité de milieux hautement corrosifs et les conditions de travail sous haute pression, grâce à ses excellentes résistances à la chaleur, à l'usure, à la corrosion et aux chocs. Le carbure cémenté tungstène-titane-tantale répond à divers besoins, de la découpe de précision à la résistance à l'usure sous fortes charges, grâce à un ajustement précis de la proportion de chaque composant et de la structure du grain, offrant ainsi une solution efficace et durable pour la fabrication industrielle.

Composition et structure du carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW)

Les performances exceptionnelles du carbure cémenté tungstène-titane-tantale découlent de sa

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

composition complexe et de sa microstructure précise. Le carbure de tungstène (WC), principale phase dure, représente 70 à 80 % du poids total, offrant une dureté élevée (HV 1700-1900) et une excellente résistance à l'usure. Sa structure hexagonale reste stable à haute température. La teneur en carbure de titane (TiC), généralement comprise entre 5 et 15 %, améliore la résistance à la chaleur et les propriétés anti-adhérentes du matériau, et est particulièrement adaptée à la réduction des arêtes rapportées lors de la coupe de l'acier ou des alliages réfractaires. Le carbure de tantale (TaC), utilisé comme additif clé, présente généralement une teneur de 1 à 5 %, ce qui améliore considérablement la dureté à haute température, la résistance aux fissures thermiques et la résistance à l'oxydation, ce qui le rend exceptionnel dans les environnements à températures extrêmement élevées. Le cobalt (Co) est une phase de liaison dont la teneur est généralement comprise entre 6 et 12 %. Il fond et comble les espaces entre les particules de la phase dure pendant le frittage, conférant au matériau une bonne ténacité et une bonne résistance aux chocs. De plus, des traces de carbure de niobium (NbC) ou de carbure de chrome (Cr_3C_2) peuvent être ajoutées selon les besoins afin d'optimiser l'affinage du grain ou la résistance à la corrosion. Microscopiquement, le carbure cémenté YW présente une structure polycristalline, avec des particules de WC, TiC et TaC uniformément réparties, et du Co formant un réseau de liaison continu. Cette conception collaborative multiphasée garantit la fiabilité et la durabilité du matériau dans des environnements à haute température, haute pression et corrosifs.

Caractéristiques de performance du carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW)

Le carbure cémenté tungstène-titane-tantale est reconnu pour ses excellentes performances globales. Son principal atout réside dans sa dureté élevée. Sa plage de dureté comprise entre HV 1700 et 1900 permet de couper efficacement les aciers haute dureté, les alliages de titane et les alliages à base de nickel jusqu'à HRC 60 ou plus. Cette dureté élevée lui confère d'excellentes performances pour la coupe intensive et l'usinage de précision, prolongeant considérablement la durée de vie des outils et des moules. De plus, ce produit présente une excellente résistance à l'usure, avec un taux d'usure de seulement 0,01 à 0,015 $mm^3/N \cdot m$, bien supérieur à celui des outils en acier rapide traditionnels, et une stabilité à long terme à des vitesses élevées (1500 à 3500 tr/min) ou dans des milieux contenant des particules. L'ajout de TaC confère au matériau une excellente résistance à la chaleur. Il conserve une dureté élevée (> 1 050 HV) à des températures élevées de 700 à 1 000 °C, résiste aux fissures thermiques et à l'usure par diffusion et est particulièrement adapté aux environnements de coupe et d'usinage à chaud à haute température. De plus, la ténacité à la rupture du carbure cémenté tungstène-titane-tantale est comprise entre 15 et 18 $MPa \cdot m^{1/2}$. La teneur en Co affecte directement la ténacité, ce qui le rend adapté aux conditions de charges d'impact moyennes à élevées. En termes de résistance à la corrosion, le TaC et les éventuels ajouts de Cr améliorent considérablement la résistance du matériau aux acides forts (pH < 3), aux bases fortes (pH > 12) et aux milieux contenant du H_2S ou du CO_2 , avec une vitesse de corrosion inférieure à 0,01 mm/an, ce qui le rend particulièrement adapté aux industries chimique et pétrolière. Après un polissage fin, la rugosité de surface du produit peut atteindre Ra < 0,1 μm , avec de faibles propriétés de frottement et d'anti-adhérence, le rendant adapté à la manipulation de milieux visqueux ou corrosifs.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Classification des produits et nuances de carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW)

Le carbure cémenté tungstène-titane-tantale a développé une variété de nuances basées sur le ratio TiC , TaC et Co et sur la diversité des applications. Ces nuances répondent précisément à un large éventail de besoins, de la coupe de précision à la résistance extrême à l'usure. Voici une introduction détaillée et une analyse de la classification des principales nuances, couvrant leur composition, leurs paramètres de performance, leurs applications et leurs utilisations typiques. Le tableau suivant résume ces informations pour une compréhension intuitive :

Marque	Composition (% en poids)	dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m¹ / ²)	densité (g/cm³)	Conductivité thermique (W/ m·K)	Scénarios applicables	Utilisations typiques
YW1	WC 78%, TiC 10%, TaC 2 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12,8	65	Environnement fortement corrosif, traitement à haute pression	Bague d'étanchéité, buse chimique
YW2	WC 77%, TiC 12%, TaC 3%, Co 8%	1750-1850	14-16	12,7	63	Coupe à haute température, alliage résistant à la chaleur	Outils de tournage, moules haute température
YW3	WC 76%, TiC 10%, TaC 4 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12.6	62	Coupe d'acier à haute dureté, coupe interrompue	Couteaux de coupe intermittents, matrices d'emboutissage
YW5	WC 75%, TiC 15%, TaC 2%, Co 8%	1650-1750	16-18	12,5	60	Découpe et poinçonnage intensifs de matériaux de haute dureté	Matrices de poinçonnage lourdes, couteaux de coupe
YW10	WC 80%, TiC 5%, TaC 3%, Co 12%	1700-1800	16-18	13.0	67	Coupe générale, charge d'impact	Outils de tournage universels, forets
YW15	WC 78%, TiC 10%, TaC 2 %, Co 10 %	1650-1750	17-19	12,8	65	Conditions d'impact élevées, pièces résistantes à l'usure	Excavatrice, brise-roche
YW20	WC 75%, TiC 12%, TaC 3%, Co 10%	1600-1700	18-20	12,5	63	Résistant aux impacts importants et aux milieux contenant des particules	Foret, buse
YW25	WC 73%, TiC 15%, TaC 2 %, Co 10 %	1600-1700	18-20	12.4	60	Traitement à très haute température, environnement résistant à la corrosion	Vannes et joints haute pression
YW30	WC 70%, TiC 10%,	1550-	19-21	12.2	58	Résistant à l'usure et aux	Revêtement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Marque	Composition (% en poids)	dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m¹ / ²)	densité (g/cm³)	Conductivité thermique (W/ m·K)	Scénarios applicables	Utilisations typiques
	TaC 5%, Co 15%	1650				conditions de travail complexes	résistant à l'usure, outils miniers

Le YW1 contient 10 % de Co, 10 % de TiC et 2 % de TaC , avec une dureté HV de 1700-1800 et une ténacité de 15-17 MPa·m¹ / ². Il présente une forte résistance à la corrosion et est particulièrement adapté aux environnements hautement corrosifs et aux traitements haute pression, tels que les bagues d'étanchéité et les buses chimiques.
L'YW2 contient 8 % de Co, 12 % de TiC et 3 % de TaC , avec une dureté HV de 1750-1850 et une ténacité de 14-16 MPa·m¹ / ². Il présente une excellente résistance à la chaleur et convient à la découpe à haute température et à l'usinage d'alliages résistants à la chaleur, tels que les outils de tournage et les moules haute température.
L'acier YW3 contient 10 % de cobalt, 10 % de titane et 4 % de carbone . Sa dureté est comprise entre 1700 et 1800 HV et sa ténacité est comprise entre 15 et 17 MPa·m¹ / ². Il est adapté à la découpe d'aciers de haute dureté et à la découpe intermittente, comme les couteaux de découpe intermittente et les matrices d'emboutissage.
Le YW5 contient 8 % de Co, 15 % de TiC et 2 % de TaC , avec une dureté HV de 1650-1750 et une ténacité de 16-18 MPa·m¹ / ². Il est conçu pour la découpe et l'emboutissage intensifs de matériaux de haute dureté, tels que les matrices d'emboutissage et les couteaux de découpe.
Le YW10 contient 12 % de Co, 5 % de TiC et 3 % de TaC , avec une dureté HV de 1700-1800 et une ténacité de 16-18 MPa·m¹ / ². C'est une nuance polyvalente adaptée aux charges de coupe et d'impact courantes, telles que les outils de tournage et les forets.
Le YW15 contient 10 % de Co, 10 % de TiC et 2 % de TaC , avec une dureté HV de 1650-1750 et une ténacité de 17-19 MPa·m¹ / ². Il est adapté aux conditions de travail à fort impact et à la fabrication de pièces résistantes à l'usure, telles que les fraises et les brise-roches pour tunneliers.
Le YW20 contient 10 % de Co, 12 % de TiC et 3 % de TaC , avec une dureté HV de 1600-1700 et une ténacité de 18-20 MPa·m¹ / ². Il présente une résistance aux chocs extrêmement élevée et convient aux milieux contenant des particules et aux environnements complexes, tels que les forets et les buses.
Le YW25 contient 10 % de cobalt, 15 % de titane et 2 % de carbone . Sa dureté est de HV 1600-1700 et sa ténacité de 18-20 MPa·m¹ / ². Il est conçu pour les environnements de traitement à très haute température et de résistance à la corrosion, tels que les vannes et joints haute pression .
Le YW30 contient 15 % de Co, 10 % de TiC et 5 % de TaC , avec une dureté HV de 1550-1650 et une ténacité de 19-21 MPa·m¹ / ². Il est adapté aux conditions d'usure intense et complexes, telles que les revêtements résistants à l'usure et les outils miniers.

La diversité de ces nuances reflète la flexibilité des carbures cémentés tungstène-titane-tantale. Les utilisateurs peuvent choisir la nuance appropriée en fonction de la dureté de traitement, des conditions de température et de la corrosivité environnementale, et trouver des produits adaptés,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

allant de la coupe de précision à la résistance extrême à l'usure.

Procédé de fabrication de produits en carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW)

Le procédé de fabrication du carbure cémenté tungstène-titane-tantale incarne l'essence même de la science moderne des matériaux. De la préparation des matières premières au produit final, chaque étape est rigoureusement contrôlée. Tout d'abord, des poudres de carbure de tungstène, de carbure de titane, de carbure de tantale et de cobalt de haute pureté sont sélectionnées avec une granulométrie de 0,5 à 2 μm , puis mélangées à un dispersant par broyage humide à billes pendant 24 à 48 heures afin d'assurer une composition homogène. Ensuite, le mélange est séché et granulé par atomisation. La granulométrie est inférieure à 5 μm , ce qui permet le moulage ultérieur. Le procédé de moulage comprend le pressage isostatique à froid (NEP, pression de 200 à 300 MPa) ou le pressage isostatique à chaud (CIC, 1 300 à 1 500 °C, pression de 100 à 200 MPa), de sorte que la densité du corps vert atteint 60 à 70 %, et dépasse 98 % grâce au procédé CIC. Pour les géométries complexes, le moulage par injection de métal (MIM) ou l'impression 3D peuvent être utilisés avec une précision allant jusqu'à ± 0,05 mm. Le procédé de frittage utilise le frittage sous vide (1 400 à 1 600 °C, 1 à 2 heures) ou le frittage en phase liquide. Le cobalt fond à haute température pour remplir les pores et contrôler la granulométrie entre 1 et 5 μm . Après le frittage, un nettoyage au plasma et un recuit (800 à 1 000 °C) sont utilisés pour éliminer la couche d'oxyde superficielle et libérer les contraintes internes. Enfin, le produit est traité par meulage de précision CNC (précision ± 0,01 mm), revêtement PVD (tel que TiN , épaisseur 2-10 μm) ou polissage mécano-chimique (rugosité de surface Ra < 0,1 μm), présentant une finition de surface de haute qualité et des caractéristiques fonctionnelles.

Domaines d'application du carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW)

Le carbure cémenté tungstène-titane-tantale présente de nombreuses applications dans de nombreux secteurs industriels grâce à ses nombreux avantages en termes de performances. Son excellente résistance à la chaleur, à la corrosion et à l'usure le rend particulièrement performant dans les environnements de traitement et d'étanchéité extrêmes. Voici une description détaillée de ses principaux domaines d'application, ainsi que des scénarios et exemples d'application spécifiques présentés sous forme de liste :

Domaine des outils de coupe

Description : Les nuances YW2, YW3 et YW10 sont largement utilisées dans la fabrication d'outils de tournage, de fraises et de forets grâce à leur dureté et leur résistance à la chaleur élevées. Elles sont efficaces pour l'usinage des aciers à haute dureté, des alliages de titane et des alliages à base de nickel. Leur vitesse de coupe peut atteindre 150 à 250 m/min et leur durée de vie de 1 000 à 1 500 heures, ce qui améliore considérablement l'efficacité d'usinage. La nuance YW18 est particulièrement adaptée à la coupe de l'acier inoxydable et des alliages résistants à la chaleur, réduisant ainsi la déformation thermique et les arêtes rapportées.

Applications spécifiques :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Aéronautique : Traitement d'aubes de turbines et de pièces de structure aérospatiales.
Fabrication mécanique : production d'engrenages et de roulements à haute résistance.
Exemple : Une entreprise aéronautique a utilisé des outils de tournage YW2 pour traiter des pièces en alliage de titane, augmentant ainsi leur durée de vie de 35 %.

Champ de matrices d'emboutissage

Description : Les nuances YW5 et YW25 sont largement utilisées pour l'emboutissage d'aciers à haute dureté et d'alliages résistants à la chaleur, tels que les panneaux de carrosserie automobile, les pièces de structure aérospatiales et les boîtiers de composants électroniques, en raison de leur résistance à la chaleur et de leur grande ténacité. Le nombre d'emboutissages peut dépasser le million de fois, et la surface du moule présente de fortes propriétés anticorrosion et anti-adhérence, garantissant une précision et une qualité de surface élevées de la pièce. La nuance YW3 convient également à l'emboutissage intermittent afin de réduire les fissures du moule.
Applications spécifiques :
Fabrication automobile : emboutissage de portes et de capots.
Industrie électronique : production de connecteurs et de boîtiers de précision.
Exemple : une usine automobile a utilisé le moule YW5 pour emboutir de l'acier à haute résistance, et il a fonctionné en continu 800 000 fois sans usure évidente.

Domaine de traitement à haute température

Description : Les nuances YW2 et YW25 sont largement utilisées pour la découpe et l'emboutissage à haute température d'alliages réfractaires tels que l'Inconel 718 et les alliages de tungstène, grâce à leur excellente résistance à la chaleur (jusqu'à 1 000 °C) et à l'oxydation. Elles excellent dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'énergie et de la défense, garantissant des performances de coupe et une durée de vie des matrices stables dans les environnements à haute température. La nuance YW15 convient également à la finition des pièces après traitement thermique.
Applications spécifiques :
Aérospatiale : Usinage de composants de moteurs-fusées.
Industrie de l'énergie : découpe de tubes de chaudières à haute température.
Exemple : une entreprise énergétique a utilisé YW25 pour couper des vannes à haute température, augmentant ainsi l’efficacité du traitement de 20 %.

Domaine des pièces résistantes à l'usure

Description : Les nuances YW15, YW20 et YW30 sont utilisées pour la fabrication d'outils d'emboutissage, d'outils d'estampage à chaud, de revêtements anti-usure et de rails de guidage grâce à leur excellente résistance à la chaleur et à l'usure. Elles sont largement utilisées dans l'industrie automobile, la construction mécanique lourde et l'industrie minière. Ces pièces résistent à l'usure à haute température, à l'adhérence et à l'érosion particulaire, prolongent leur durée de vie et offrent d'excellentes performances, notamment en production continue. La nuance YW25 peut également être utilisée pour les revêtements anticorrosion.
Applications spécifiques :
moules en tôle d'acier pour formage à chaud .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Machines lourdes : fabrication de chemises et de rouleaux résistants à l'usure.
Exemple : Une usine de machines utilise des matrices d'étirage YW20 pour produire des pièces automobiles avec une durée de vie de 120 000 fois.

Industrie de l'énergie et de la chimie
Description : Les nuances YW1 et YW25 sont largement utilisées dans les joints de vannes, les buses haute pression, les revêtements de réacteurs et les raccords de tuyauterie des équipements énergétiques et chimiques en raison de leur résistance à la corrosion et de leur stabilité à haute température. Ces pièces peuvent fonctionner longtemps dans des milieux acides-bases, gazeux à haute température ou H_2S afin de réduire les fuites et l'usure. La nuance YW30 convient également aux revêtements résistants à l'usure dans des conditions extrêmes.
Applications spécifiques :
Industrie pétrochimique : traitement des réacteurs à haute pression et des pipelines.
Equipements énergétiques : fabrication de vannes et de composants de pompes pour centrales nucléaires.
Exemple : Une raffinerie a utilisé des joints YW1 pendant 6 000 heures sans aucun signe de corrosion.

Fabrication médicale et de précision
Description : Les nuances YW10 et YW15 sont utilisées dans la fabrication de forets dentaires, d'outils de micro-coupe et de moules de précision grâce à leur haute précision et leur résistance à l'usure. Ces outils sont particulièrement performants en chirurgie médicale, dans la production de composants électroniques et d'instruments optiques, et offrent une précision d'usinage de l'ordre du micron. La nuance YW5 convient également à l'usinage de matériaux mixtes.
Applications spécifiques :
Industrie médicale : production d'outils chirurgicaux orthopédiques et de forets dentaires.
Fabrication électronique : traitement de microcapteurs et de connecteurs.
Exemple : Une entreprise médicale utilise une perceuse YW10 pour usiner des articulations artificielles avec une précision de ± 0,01 mm.
Défense et industries spéciales
Description : Les nuances YW30 et YW25 sont utilisées dans l'industrie de la défense pour la découpe d'acier blindé, l'usinage de composants de missiles et le formage d'alliages spéciaux en raison de leur ténacité et de leur résistance à la chaleur élevées. Ces applications nécessitent des matériaux capables de maintenir leurs performances dans des conditions de températures et d'impacts extrêmes. Le YW15 peut également être utilisé pour la fabrication de moules militaires et de revêtements de blindage de haute précision.
Applications spécifiques :
Fabrication de matériel de défense : découpe de blindages de chars et d'obus d'artillerie.
Industrie aérospatiale : usinage de pièces de structure de satellites.
Exemple : Une unité de défense a utilisé du YW30 pour couper l'acier blindé, et sa durée de vie a augmenté de 45 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ingénierie marine et applications anticorrosion

Description : Les nuances YW1 et YW25 sont utilisées dans les outils de forage, les joints de pompes submersibles et les composants de plateformes offshore en génie maritime en raison de leur excellente résistance à la corrosion et à l'eau de mer. Ces composants peuvent fonctionner longtemps dans des environnements exposés au brouillard salin, à la haute pression et à l'eau de mer corrosive, réduisant ainsi les coûts de maintenance.

Applications spécifiques :

Forage marin : fabrication de trépans et de joints de pompes en eaux profondes.

Plateformes offshore : traitement de tubes résistants à la corrosion.

Exemple : Une entreprise maritime a utilisé le foret YW1 dans des opérations en haute mer pendant 5 000 heures avec des performances stables.

La large application du carbure cémenté tungstène-titane-tantale dans ces domaines démontre pleinement ses excellentes performances dans des environnements de traitement à température extrêmement élevée, à haute pression, à forte corrosion et complexes, offrant des solutions de traitement et d'étanchéité efficaces et durables pour diverses industries.

Le carbure cémenté tungstène-titane-tantale (YW) est devenu un matériau incontournable pour la coupe industrielle, l'usinage à haute température et les applications en environnements extrêmes grâce à son excellente dureté, sa résistance à la chaleur, à l'usure et à la corrosion. Sa composition scientifique, son procédé de fabrication précis et sa sélection diversifiée de nuances lui permettent de répondre à un large éventail de besoins, de la coupe de précision à la résistance à l'usure intensive.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 2076-2015
carbure cémenté
Aperçu

Numéro de norme : GB/T 2076-2015
Nom chinois : carbure cémenté
Nom anglais : Carbide Alloys
Date de sortie : 9 octobre 2015
Date d'entrée en vigueur : 1er mai 2016
Version de remplacement : Remplace GB/T 2076-2003
Unité de formulation : Elle est émise par l'Administration de normalisation de Chine (SAC), et les unités de rédaction spécifiques comprennent les associations industrielles du carbure cémenté, les instituts de recherche scientifique et les entreprises.
Champ d'application : Convient aux produits en carbure cémenté préparés par un procédé de métallurgie des poudres avec du carbure (tel que WC, TiC , TaC , etc.) comme phase dure et du métal (tel que Co, Ni) comme phase de liaison, y compris les outils de coupe, les moules, les pièces résistantes à l'usure, etc.

---

1. Portée

Les objets applicables de la norme sont définis comme suit : tous les carbures cémentés avec du carbure comme phase dure et du métal comme phase de liaison, y compris, mais sans s'y limiter, le tungstène-cobalt (YG), le tungstène-titane-cobalt (YT), le tungstène-titane-tantale (YW), etc.
Les scénarios applicables sont clarifiés : découpe, emboutissage, outils miniers, pièces résistantes à l'usure, etc.
Veuillez noter que cela ne s'applique pas aux matériaux durs ou aux produits de revêtement non fabriqués par métallurgie des poudres.

2. Références normatives

D'autres normes nationales liées à cette norme sont répertoriées pour les tests et l'évaluation des performances, y compris, mais sans s'y limiter :
GB/T 3850 : Méthode d'essai de la dureté du carbure cémenté
GB/T 3851 : Méthode d'essai pour la résistance à la flexion du carbure cémenté
GB/T 5242 : Méthode de détermination de la masse volumique du carbure cémenté
GB/T 5243 : Méthode de détermination de la microstructure du carbure cémenté
GB/T 5244 : Méthodes d'analyse chimique du carbure cémenté
Ces normes fournissent une base technique pour les tests de performance et garantissent la cohérence.

3. Termes et définitions

Définit les termes liés au carbure tels que :
Phase dure : terme général désignant les carbures (tels que WC, TiC , TaC).
Phase de liaison : le rôle du métal (tel que Co, Ni).
Grade : Marque de classification du carbure cémenté (tel que YG6, YT5).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Microstructure : caractéristiques telles que la taille des grains et la distribution des phases.
Assurer une utilisation cohérente de la terminologie au sein de la norme.

4. Grades et classification

Règles de dénomination des marques :
Série YG : type tungstène-cobalt. La lettre « YG » est composée des initiales pinyin « tungstène » (W ǔ) et « cobalt » (G ǔ) , et le nombre représente la teneur en cobalt (par exemple, YG6 signifie Co 6 %).
Série YT : tungstène-titane-cobalt. « YT » est composé de tungstène (W ǔ) et de titane (Tài). Le nombre indique la performance ou la teneur en cobalt (par exemple, YT 5) .
Série YW : tungstène-titane-tantale. « YW » est dérivé des premières lettres de « tungstène » (W ǔ) , « titane » (Tài) et « tantale » (Tàn). Les chiffres indiquent le niveau de performance (par exemple, YW1).
Classification par :
Selon les principaux composants : WC-Co (YG), WC- TiC -Co (YT), WC- TiC-TaC -Co (YW).
Par performance : dureté élevée, résistance à l'usure, ténacité élevée, etc.
Par objectif : découpe, emboutissage, résistance à l'usure, etc.

5. Exigences techniques

Ingrédients nécessaires :
La proportion de carbure et de phase liante est spécifiée pour chaque nuance. Par exemple, la teneur en Co de l'YG6 est de 5,5 à 6,5 %, et celle du WC de 93 à 94 %.
sur la teneur en impuretés autorisée (telles que Fe, O_2) .
Propriétés physiques :
Dureté : Exprimée en HV ou HRA, allant de 1500 à 2000 HV, selon la marque.
Résistance à la flexion : 1 500-2 500 MPa, reflète la capacité du matériau à résister à la fracture.
Densité : 11,2-15,0 g/ cm^3, selon le rapport de composition.
Ténacité à la rupture : 12-25 $MPa \cdot m^{1/2}$ (disponible pour certaines nuances).
Microstructure : La granulométrie est généralement contrôlée entre 0,5 et 5 μm .
Qualité de surface : aucun défaut tel que fissures et pores, rugosité de surface Ra ≤ 0,8 μm (peut atteindre 0,1 μm après traitement).

6. Méthodes d'essai

Test de dureté : Selon GB/T 3850, utilisez un testeur de dureté Vickers ou Rockwell.
Essai de résistance à la flexion : selon GB/T 3851, méthode de flexion à trois ou quatre points.
Essai de densité : Selon GB/T 5242, méthode de drainage ou méthode d'Archimède.
Analyse chimique : Selon GB/T 5244, les teneurs en WC, Co, TiC , TaC , etc. ont été déterminées.
Analyse de la microstructure : Conformément à la norme GB/T 5243, utilisez un microscope métallographique ou un microscope électronique à balayage pour évaluer la taille des grains et la distribution des phases.

7. Règles d'inspection

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Échantillonnage : L'échantillonnage est effectué par lots et le nombre d'échantillons est spécifié dans le tableau standard (par exemple 5 à 10 pièces par lot).
Éléments d'inspection : composition, dureté, résistance à la flexion, densité et microstructure.
Jugement : Tous les indicateurs doivent répondre aux exigences techniques. Si un seul élément est défectueux, il sera considéré comme défectueux.

8. Emballage, marquage, transport et stockage

Emballage : Utilisez des boîtes en bois ou des emballages en plastique résistants à l'humidité et aux chocs, doublés de matériaux de protection.
Marquage : numéro de marque (tel que YG6), numéro de lot de production, date de production et informations sur le fabricant.
Transport : Évitez les vibrations importantes et les environnements à forte humidité.
Stockage : Conserver dans un endroit sec et aéré, à l'abri des substances corrosives.

9. Certificat de qualité

Fournir un rapport de test, comprenant la marque, le numéro de lot, les données de performance (dureté, résistance, etc.) et la conclusion du test.
Le certificat doit être délivré par le fabricant et être conforme aux exigences de la norme GB/T 2076.

10. Annexe

Annexe A : Tableau de comparaison des marques et des performances, répertorie les paramètres de performances typiques des séries YG, YT et YW.
Annexe B : Explication détaillée de la méthode d'essai, complétant les étapes de fonctionnement de la norme GB/T 3850 et d'autres normes.
Annexe C (informative) : Comparaison des normes internationales (telles que ISO 513), à titre de référence mais non obligatoire.

11. Principales mises à jour de la norme GB/T 2076-2003

Nouvelles nuances : ajout d'exigences pertinentes pour le carbure cémenté nanocristallin (tel que YG6X) et le carbure cémenté revêtu.
Amélioration des performances : La résistance à la flexion et la ténacité de certaines nuances ont été améliorées.
Optimisation de la méthode d’essai : une méthode d’analyse de la microstructure plus précise a été introduite.
Exigences en matière de protection de l’environnement : Contrôle accru des substances nocives (telles que les métaux lourds) dans le processus de production.

Caractéristiques et signification standard

Normalisation : Unification des exigences de dénomination et de performance du carbure cémenté pour faciliter la production nationale et le commerce international.
Progrès technologique : L’édition 2015 reflète le développement des nanotechnologies et des technologies de revêtement pour s’adapter aux besoins industriels modernes.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Praticité : Couvrir l'ensemble du processus depuis les matières premières jusqu'aux produits finis pour garantir la qualité du produit.

Obtenez le texte intégral

Canaux officiels : peuvent être achetés via la plateforme nationale de services d'information sur la normalisation, China Standards Press.

Coût : Le texte intégral des publications standard est généralement disponible moyennant des frais, dont le prix varie en fonction de l'édition et de la langue.

Ressources alternatives : Certains résumés ou interprétations peuvent être trouvés sur les sites Web des associations industrielles ou dans la littérature universitaire.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Tableau comparatif des nuances de carbure cémenté chinoises et internationales

Chine Marque	Composition (% en poids)	dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m¹ / ²)	densité (g/cm³)	ISO Gamme de notes	Scénarios applicables
YG6	WC 94 %, Co 6 %	1800-1900	14-16	14,9	K10-K20	Découpe de précision de la fonte et des métaux non ferreux
YG6X	WC 94 %, Co 6 % (Grain ultrafin)	1900-2000	13-15	14,9	K05-K10	Découpe ultra-précise, micro-outils
YG8	WC 92 %, Co 8 %	1700-1800	16-18	14,7	K20-K30	Matrices d'emboutissage, découpe à charge moyenne
YG10	WC 90 %, Co 10 %	1650-1750	17-19	14,5	K30-K40	Coupe générale, charge d'impact
YG15	WC 85 %, Co 15 %	1500-1600	18-20	14.0	K40	Conditions d'impact élevé, outils de creusement de tunnels
YG20	WC 80 %, Co 20 %	1500-1600	20-25	13,8	K40-K50	Résistant aux impacts importants et aux milieux contenant des particules
YT5	WC 81 %, TiC 15 %, Co 4 %	1750-1850	12-14	11,8	P10-P20	Découpe à grande vitesse de l'acier et des matériaux durs
YT14	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11.6	P20-P30	Découpe d'acier à vitesse moyenne, semi-finition
YT15	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11,5	P30	Matériaux de découpe et d'emboutissage résistants à la chaleur
YT30	WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %	1600-1700	14-16	11.2	P40	Découpe et emboutissage intensifs d'aciers de haute dureté
YW1	WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12,8	P10-P20/M10-M20	Environnement fortement corrosif, traitement à haute pression
YW2	WC 77 %, TiC 12 %, TaC 3 %, Co 8 %	1750-1850	14-16	12,7	P20-P30	Coupe à haute température, alliage résistant à la chaleur
YW5	WC 75 %, TiC 15 %, TaC 2 %, Co 8 %	1650-1750	16-18	12,5	P30-P40	Découpe et poinçonnage intensifs de matériaux de haute dureté

illustrer

Marque chinoise : selon la norme GB/T 2076, YG signifie « système tungstène-cobalt », YT « système tungstène-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

titane-cobalt » et YW « système tungstène-titane-tantale ». Ces chiffres indiquent généralement la teneur en cobalt ou le niveau de performance.

Qualité ISO :

Catégorie K : convient à la fonte et aux métaux non ferreux, K10-K20 représente une coupe de précision à haute dureté, K40-K50 représente une charge lourde à haute ténacité.

Catégorie P : convient à la découpe de l'acier, P10-P20 indique une découpe à grande vitesse et P30-P40 indique une découpe à forte charge ou résistante à la chaleur.

Classe M : Applicable à une variété de matériaux, YW1 peut impliquer M10-M20 en raison de la résistance à la corrosion.

Plage de propriétés : Les valeurs de dureté, de ténacité et de densité sont des valeurs typiques. Certains paramètres peuvent varier en fonction des procédés de fabrication (grains ultrafins ou revêtements, par exemple).

Scénarios applicables : Sur la base de la classification ISO et de l'expérience d'application réelle, la série YG a tendance à être de type K, la série YT a tendance à être de type P et la série YW peut prendre en compte les types P et M en raison de l'ajout de TaC .

Précautions

Les nuances ISO sont des gammes générales et leur correspondance n'est pas univoque. Le choix doit être basé sur le matériau de la pièce, les conditions de coupe et la conception de l'outil.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Tableau de comparaison des nuances d'alliages durs chinois et internationaux

Qualité chinoise	Composition (% en poids)	Dureté (HV)	Fracture Ténacité (MPa·m¹ / ²)	Densité (g/cm³)	Qualité ISO Gamme	Scénarios d'application
YG6	WC 94, Co 6	1800-1900	14-16	14,9	K10-K20	Découpe de précision de la fonte, des métaux non ferreux
YG6X	WC 94, Co (ultra-fin)	1900-2000	13-15	14,9	K05-K10	Découpe ultra-précise, micro-outils
YG8	WC 92, Co 8	1700-1800	16-18	14,7	K20-K30	Moules d'emboutissage, découpe à charge moyenne
YG10	WC 90, Co 10	1650-1750	17-19	14,5	K30-K40	Coupe générale, charge d'impact
YG15	WC 85, Co 15	1500-1600	18-20	14.0	K40	Conditions à fort impact, outils de creusement de tunnels
YG20	WC 80, Co 20	1500-1600	20-25	13,8	K40-K50	Supports à haute résistance aux chocs et chargés de particules
YT5	WC 81, TiC 15, Co 4	1750-1850	12-14	11,8	P10-P20	Découpe à grande vitesse de l'acier et des matériaux durs
YT14	WC 79, TiC 15, Co 6	1700-1800	12-14	11.6	P20-P30	Découpe d'acier à vitesse moyenne, semi-finition
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1700-1800	12-14	11,5	P30	Découpe et emboutissage de matériaux résistants à la chaleur
YT30	WC 70, TiC 20, Co 10	1600-1700	14-16	11.2	P40	Découpe et emboutissage robustes d'aciers à haute dureté
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1800	15-17	12,8	P10-P20/M10-M20	Environnements fortement corrosifs, traitement à haute pression
YW2	WC 77, TiC 12, TaC 3, Co 8	1750-1850	14-16	12,7	P20-P30	Coupe à haute température, alliages résistants à la chaleur
YW5	WC 75, TiC 15, TaC 2, Co 8	1650-1750	16-18	12,5	P30-P40	Découpe et emboutissage intensifs de matériaux de haute dureté

Remarques

Nuances chinoises : D'après la norme GB/T 2076, YG désigne la série tungstène-cobalt, YT la série tungstène-titane-cobalt et YW la série tungstène-titane-tantale. Les chiffres indiquent généralement la teneur en cobalt ou le niveau de performance.

Grades ISO :

Classe K : Convient à la fonte et aux métaux non ferreux, K10-K20 pour une coupe de précision à haute dureté, K40-K50 pour des charges lourdes à haute ténacité.

Classe P : Convient pour la découpe de l'acier, P10-P20 pour la découpe à grande vitesse, P30-P40 pour la découpe intensive ou résistante à la chaleur.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Classe M : Convient à plusieurs matériaux, la résistance à la corrosion du YW1 peut impliquer M10-M20.

Plage de performances : les données de dureté, de ténacité et de densité sont des valeurs typiques et peuvent varier en raison des processus de production (par exemple , grain ultrafin ou revêtement).

Scénarios d'application : répertoriés sur la base des classifications ISO et de l'expérience pratique, la série YG étant orientée vers la classe K, la série YT vers la classe P et la série YW couvrant potentiellement les classes P et M en raison de l'ajout de TaC .

Considérations

Les nuances ISO représentent une gamme générale, et la correspondance n'est pas toujours exacte. Le choix doit tenir compte du matériau de la pièce, des conditions de coupe et de la conception de l'outil.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved