

Carbure de tungstène cimenté
Exploration complète des propriétés physiques et chimiques,
des processus et des applications (XII)

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP 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
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

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 internationale, 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
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

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
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

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

Chapitre 12 Pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté et ingénierie de surface

12.0 Présentation des pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté et de l'ingénierie de surface

Les pièces en carbure résistantes à l'usure jouent un rôle important dans l'industrie moderne grâce à leurs excellentes propriétés mécaniques et à leur durabilité. Leur dureté élevée (HV 1600-2500±30), leur excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) et leur excellente résistance aux chocs (énergie d'impact $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) en font des matériaux de choix pour des applications telles que les moules, les joints, les buses, les foreuses minières et les revêtements de surface. Les paramètres de performance de ces pièces présentent des avantages significatifs dans les applications pratiques, tels qu'une durée de vie du moule de $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, un taux de fuite du joint aussi bas que $< 0,01 \text{ mL/min} \pm 0,001 \text{ mL/min}$, un écart de débit de buse contrôlé à $< 1\% \pm 0,1\%$, une durée de vie du foret minier de plus de 100 heures ± 10 heures et une plage d'épaisseur de revêtement de surface de 50 à 500 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$. Grâce à l'optimisation géométrique (comme le coefficient de concentration de contrainte $K_t < 1,3 \pm 0,05$), la technologie de projection thermique (comme WC-Co, force de liaison $> 70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) et la technologie de renforcement de surface (comme le revêtement laser, dureté HV 2000-3000±50), les performances des pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté ont été considérablement améliorées et la résistance à l'usure peut être réduite de $30\% \pm 5\%$, prolongeant efficacement la durée de vie et améliorant l'efficacité du travail.

12.0.1 Concept de pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté

Les pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté sont des pièces hautes performances fabriquées par métallurgie des poudres à partir de phases dures telles que le carbure de tungstène (WC), le carbure de titane (TiC) ou le carbure de niobium (NbC) comme matrice, complétées par des phases de liaison métalliques telles que le cobalt (Co) et le nickel (Ni). Ces pièces offrent une résistance à l'usure extrêmement élevée grâce à une granulométrie généralement comprise entre 0,2 et 2 microns, et sont particulièrement adaptées aux applications industrielles soumises à de fortes charges, à des frottements fréquents ou à des environnements extrêmes. La résistance à l'usure du carbure cémenté résulte de l'équilibre entre sa dureté élevée et sa ténacité appropriée. La dureté se situe généralement entre 1 600 et 2 500 Vickers (HV), ce qui est bien supérieur à celle de l'acier traditionnel (HV 200-600). Grâce à l'ajout d'oligo-éléments ou de matériaux composites (tels que le système WC-Co), sa résistance aux chocs peut atteindre plus de 50 J, ce qui est suffisant pour résister aux chocs mécaniques et aux contraintes thermiques. L'objectif de conception des pièces résistantes à l'usure est non seulement de prolonger leur durée de vie (par exemple, le moule peut supporter des millions de cycles d'emboutissage), mais aussi d'assurer leur stabilité dans des conditions de fonctionnement complexes. Par exemple, les joints doivent maintenir un faible taux de fuite et les buses doivent assurer un débit précis. Ces caractéristiques les rendent indispensables dans les secteurs

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

manufacturier, minier et énergétique.

12.0.2 Définition et importance de l'ingénierie de surface

L'ingénierie de surface est une technologie qui modifie ou revêt la surface des matériaux par des méthodes physiques, chimiques ou mécaniques, afin d'améliorer la résistance à l'usure, la résistance à la corrosion, la résistance aux hautes températures ou la biocompatibilité des pièces. Dans les pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté, l'ingénierie de surface améliore considérablement les performances de surface grâce à des procédés tels que la projection thermique, le placage laser et l'implantation ionique. Par exemple, la projection thermique permet de déposer un revêtement WC-Co sur le substrat, avec une force de liaison supérieure à 70 MPa et une épaisseur contrôlable entre 50 et 500 microns, améliorant ainsi significativement la résistance à l'usure. Le placage laser forme une couche de renforcement de liaison métallurgique par fusion locale et solidification rapide, avec une dureté allant jusqu'à HV 2000-3000, et un taux de résistance à l'usure réduit d'environ 30 %, prolongeant ainsi efficacement la durée de vie des pièces. L'ingénierie de surface vise essentiellement à optimiser la microstructure de surface, à réduire la concentration de contraintes ($K_t < 1,3$), à améliorer la résistance à la fatigue et à préserver les propriétés mécaniques globales du matériau de base. Cette technologie est particulièrement importante dans les applications en carbure cimenté, car la surface est la zone où la pièce est en contact direct avec l'environnement extérieur, et ses performances affectent directement la fiabilité et la durée de vie de l'ensemble du composant.

12.0.3 Contexte d'application et développement de pièces en carbure cimenté résistantes à l'usure et technologie d'ingénierie de surface

L'association de pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté et de technologies d'ingénierie de surface répond à la demande de l'industrie moderne en équipements performants et durables. Avec le développement de la fabrication intelligente, des énergies vertes et de l'exploitation minière en conditions extrêmes, les applications du carbure cimenté continuent de se développer. Par exemple, dans la fabrication de moules, les pièces en carbure cimenté répondent aux exigences d'emboutissage de haute précision et de formage complexe grâce à l'optimisation géométrique et au renforcement de surface. Dans le forage minier, l'augmentation de la durée de vie des forets résistants à l'usure réduit directement la fréquence de remplacement et les coûts d'exploitation. Les avancées des technologies d'ingénierie de surface, telles que les nanorevêtements et les revêtements composites multicouches, ont favorisé l'utilisation du carbure cimenté dans des domaines de haute technologie, tels que les composants aérospatiaux et les dispositifs médicaux. De plus, combinée à la technologie des jumeaux numériques et à la surveillance en temps réel, l'ingénierie de surface permet d'optimiser les performances dynamiques et de s'adapter à diverses conditions de travail.

Il couvre de nombreux aspects tels que les pièces résistantes à l'usure, les applications de projection thermique, l'exploitation minière et le forage, ainsi que les technologies de renforcement de surface. En explorant en profondeur les propriétés des matériaux, les technologies de traitement et les

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

scénarios d'application, il vise à fournir un soutien théorique et des conseils pratiques aux industries concernées, notamment en matière d'optimisation des performances et d'applications innovantes dans des environnements à forte charge et à forte usure.

12.1 Pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté

Les pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté atteignent une résistance élevée à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) et une longue durée de vie ($> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois) grâce à une conception géométrique optimisée (rayon de courbure $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), un rapport de matière (WC $> 90 \% \pm 1 \%$, Co $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) et un usinage de précision (température de frittage $1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Ces pièces fonctionnent bien dans les environnements industriels avec des charges élevées et des frottements fréquents. Leurs performances sont dues à l'équilibre entre la dureté élevée (HV 1600-2200 $\pm$ 30) et la ténacité appropriée (ténacité à la rupture K_{IC} $10 - 20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) des matériaux en carbure cimenté. Les pièces en carbure résistant à l'usure sont largement utilisées dans divers domaines, notamment les matrices en carbure (pour l'emboutissage et le formage), les joints en carbure (pour prévenir les fuites de fluides) et les buses en carbure (pour une injection précise). Leur conception doit tenir compte à la fois de la résistance à l'usure et de la résistance aux chocs pour répondre aux exigences de diverses conditions de travail.

12.1.1 Concept de pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté

Les pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté sont des matériaux composites frittés par métallurgie des poudres. Le carbure de tungstène (WC) constitue la principale phase dure et le cobalt (Co) la phase liante. La teneur en WC est généralement supérieure à $90 \% \pm 1 \%$, ce qui confère une dureté élevée à la structure dure, tandis que la teneur en Co, comprise entre 6% et $12 \% \pm 1 \%$, agit comme phase liante pour améliorer la ténacité et la résistance aux chocs. Le meilleur équilibre entre dureté et ténacité peut être obtenu en ajustant le rapport. Le frittage est réalisé à une température élevée de $1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, sous vide ou sous argon pour préserver l'environnement. La granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 microns, ce qui permet d'obtenir une excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$). Ce faible taux d'usure permet de maintenir une stabilité dimensionnelle à long terme. Par exemple, le moule peut supporter plus d'un million d'emboutissages, tandis que les joints et les buses doivent maintenir un faible taux de fuite ($< 0,01 \text{ mL/min}$) et une faible déviation de débit ($< 1 \%$). La conception à rayon de courbure optimisé géométriquement ($> 0,5 \text{ mm}$) réduit efficacement la concentration de contraintes et prolonge la durée de vie des pièces, tandis que sa résistance aux chocs (énergie d'impact $> 50 \text{ J}$) garantit la fiabilité sous charge dynamique. De plus, les pièces en carbure cimenté résistantes à l'usure peuvent être encore améliorées en termes de performances à haute température et de résistance à l'oxydation par l'ajout d'oligo-éléments (tels que le carbure de tantale TaC ou le carbure de niobium NbC) pour s'adapter aux environnements industriels plus exigeants.

12.1.2 Caractéristiques des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les caractéristiques résistantes à l'usure des pièces en carbure cimenté se reflètent dans leur microstructure et leurs propriétés physiques uniques. Sa dureté élevée (HV 1600-2200±30) le rend résistant à l'usure superficielle et particulièrement adapté à l'usinage de matériaux de dureté élevée (tels que l'acier trempé HRC 50-60 ou l'alliage de titane HRC 30-35), tandis que sa ténacité à la rupture K_{Ic} 10-20 MPa·m^{1/2} ± 0,5 garantit l'intégrité structurelle des pièces sous chocs ou vibrations. De plus, le carbure cimenté présente une excellente résistance à la corrosion (durabilité > 1000 heures en milieux acides ou alcalins) et une stabilité thermique élevée (température de fonctionnement pouvant atteindre 800 °C±50 °C), ce qui le distingue des autres matériaux dans les secteurs de la chimie, de l'énergie et de la métallurgie. Sa conductivité thermique (environ 80-120 W/m·K) contribue également à dissiper la chaleur et à réduire les dommages thermiques lors de la coupe ou du frottement. La rugosité de surface (Ra 0,1-0,5 micron) obtenue après polissage de précision améliore encore les performances de contact et la durée de vie des pièces. Ces propriétés combinées constituent l'avantage concurrentiel des pièces en carbure cimenté résistantes à l'usure dans des conditions de travail intensives.

12.1.3 Bilan de performance des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté

L'optimisation des performances des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté est indissociable de la coordination entre dureté et ténacité. La plage de dureté HV 1600-2200±30 offre une excellente résistance à l'usure superficielle et est particulièrement adaptée à l'usinage de pièces de dureté élevée (comme l'acier trempé HRC 50-60) ; de plus, la ténacité à la rupture K_{Ic} 10-20 MPa·m^{1/2} ± 0,5 garantit que les pièces ne se fissurent pas facilement sous l'effet de chocs mécaniques ou de contraintes thermiques. Cet équilibre confère aux pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté d'excellentes performances dans des applications telles que le formage de moules, l'étanchéité et la prévention des fuites, ainsi que le contrôle de l'injection. Par exemple, le moule doit résister à des impacts à haute fréquence (des centaines de fois par minute), le joint doit résister aux milieux corrosifs (tels que l'acide sulfurique ou l'eau salée) et la buse doit contrôler précisément la dynamique des fluides (écart de débit < 1 %). Ces exigences sont satisfaites grâce à une régulation précise des matériaux et des procédés. De plus, grâce à un traitement thermique (comme un revenu à basse température de 500 °C ± 20 °C) ou à un revêtement de surface (comme TiN ou CrN), la dureté peut être encore améliorée (augmentation de 10 à 20 %) ou le coefficient de frottement réduit (< 0,3), optimisant ainsi les performances dans des scénarios d'application spécifiques.

12.1.4 Application de pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté

Grâce à leur dureté élevée (HV 1600-2500), leur excellente résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³ / N·m) et à leurs excellentes propriétés d'impact (énergie d'impact > 50 J), ces matériaux ont démontré une valeur d'application étendue et diversifiée dans le domaine industriel. Ce document organise et optimise systématiquement leurs applications selon leurs domaines d'application et leur logique fonctionnelle, couvrant la fabrication traditionnelle, les industries de haute technologie émergentes et les scénarios d'utilisation dans des environnements spécifiques.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(1) Traitement et formage des métaux

Moule en carbure

Largement utilisé dans l'emboutissage des métaux, le moulage par injection plastique et les moules de métallurgie des poudres, il présente une résistance à l'usure et une stabilité dimensionnelle élevées, avec une durée de vie typique supérieure à 10 fois supérieure. Particulièrement utilisé dans l'industrie automobile (blocs moteurs et pièces de transmission) et la production de composants électroniques (boîtiers de téléphones portables et connecteurs de circuits imprimés), sa dureté élevée (HV 1600-2200) garantit précision et durabilité en utilisation haute fréquence prolongée, notamment dans la fabrication intelligente pour le moulage de précision de géométries complexes.

Outils de coupe en carbure

Il est utilisé pour l'usinage à grande vitesse (tournage, fraisage et perçage) dans l'usinage des métaux et du bois. Grâce à sa dureté élevée (HV 1800-2500) et à sa résistance à l'oxydation à haute température (jusqu'à 900 °C), il est particulièrement performant dans l'aéronautique (pièces en alliage de titane, par exemple) et l'automobile (vilebrequins, par exemple). Sa vitesse de coupe peut atteindre 200-300 m/min et sa durée de vie peut atteindre 200-300 heures.

Filière d'extrusion en carbure

Pour les profilés en aluminium et l'extrusion de plastique, avec une résistance à la température allant jusqu'à 600°C, une dureté de HV 1700-2100 et une précision dimensionnelle de $\pm 0,01$ mm, il est largement utilisé dans l'industrie de la construction (comme les portes et fenêtres en alliage d'aluminium) et la production de matériaux d'emballage pour garantir un moulage efficace et une qualité de surface.

(2) Contrôle et étanchéité des fluides

Joints en carbure

Utilisé dans les pompes, vannes et compresseurs pour prévenir les fuites de fluides ou de gaz, avec un taux de fuite inférieur à 0,01 ml/min. Son excellente résistance à la corrosion et ses faibles propriétés de frottement en font un produit exceptionnel dans l'industrie pétrochimique (équipements de raffinage et réseaux de canalisations, par exemple) et le traitement de l'eau (pompes de traitement des eaux usées et systèmes de filtration, par exemple), notamment en milieu acide ou alcalin, et prolonge le cycle de maintenance des équipements.

Noyau et siège de valve en carbure

Utilisé pour les vannes haute pression dans les équipements pétroliers, gaziers et chimiques, avec une résistance à la pression de > 50 MPa, une excellente résistance à la corrosion (résistance à la corrosion H_2S et CO_2 > 2000 heures) et un taux de fuite de $< 0,005$ mL/min, garantissant des performances d'étanchéité fiables dans des environnements extrêmes.

Buse en carbure

Appliqué au sablage, à la pulvérisation et à l'impression 3D, avec une déviation de débit inférieure à 1 %, il est performant dans l'aérospatiale (composants de moteurs à réaction, par exemple), la fabrication additive (impression 3D métal haute précision, par exemple), la fabrication de semi-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

conducteurs (équipements de dépôt chimique en phase vapeur, par exemple) et l'industrie énergétique (buses de turbines à gaz, par exemple). Sa grande résistance à l'usure et sa précision de contrôle des fluides améliorent considérablement l'efficacité de la production et la qualité du produit fini.

(3) Exploitation minière et traitement des abrasifs

Forêts miniers en carbure

Sa durée de vie est extrêmement longue (> 100 heures) dans des conditions extrêmes, comme l'exploitation minière en profondeur. Sa dureté élevée et sa résistance aux chocs garantissent un forage efficace. Largement utilisé dans les industries du charbon, des métaux et du forage pétrolier, il réduit la fréquence de remplacement et les coûts d'exploitation.

Billes de broyage en carbure et supports de broyage

Utilisé pour le traitement des minéraux, la production de céramique et le meulage de revêtement, avec une plage de diamètre de bille de 5 à 50 mm, une dureté HV 1600-2000 et un taux d'usure < 0,01 %/heure, il améliore considérablement l'efficacité du meulage et l'uniformité du produit, en particulier dans la préparation de matériaux de batterie au lithium et la production de céramique haut de gamme.

(4) Transmission et pièces mécaniques

Rouleaux en carbure

Dans le processus de laminage à chaud et à froid de l'industrie sidérurgique, l'épaisseur de la couche résistante à l'usure atteint 5 à 10 mm et la dureté HV 1500-2000, garantissant une qualité de surface de l'acier laminé ($R_a < 0,8$ micron) et une durée de vie supérieure à 5000 tonnes. Sa stabilité sous forte charge (pression > 200 MPa) et à haute température (600-1000 °C) le rend indispensable dans les équipements métallurgiques lourds.

Engrenages et pièces de transmission en carbure

Utilisé dans les machines lourdes, les équipements éoliens et les systèmes de propulsion des navires, la dureté de la surface des dents est HV 1800-2200, la résistance à la fatigue est > 1000 MPa, elle réduit l'usure et le bruit, fonctionne bien dans des conditions de couple élevé (> 500 Nm) et a une durée de vie allant jusqu'à 10 ans.

Coussinets de roulement en carbure

Il offre une faible usure et un support de charge élevé dans les machines lourdes et les équipements de production d'énergie éolienne, présente une excellente résistance à l'usure et des performances anti-fatigue, et est largement utilisé dans les environnements à grande vitesse (> 3000 tr/min) et à charge élevée (> 10 kN).

(5) Fabrication de fils et de précision

Filières de tréfilage en carbure

Appliqué à la fabrication de fils et câbles métalliques, avec une tolérance de diamètre de trou de $\pm$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,001 mm et une rugosité de surface de $Ra < 0,1$ micron, il convient à l'étirage de fils de cuivre, de fils d'acier et de préformes de fibres optiques, avec une durée de vie de $> 10^4$ cycles d'étirage, en particulier dans les industries de l'électronique et des communications (comme les infrastructures 5G).

(6) Industries médicales et spéciales

Composants de dispositifs médicaux en carbure cimenté

Par exemple, des lames de scie chirurgicales orthopédiques et des forets dentaires, d'un diamètre de 0,5 à 6 mm, d'une dureté HV de 1800 à 2200, d'une biocompatibilité conforme à la norme ISO 10993 et d'une durée de vie supérieure à 50 interventions. En 2025, grâce au développement de la robotique médicale, son application à la chirurgie mini-invasive et à la pose d'implants augmentera.

(7) Domaines émergents et potentiel futur

Grâce aux progrès de la technologie industrielle, les pièces en carbure résistantes à l'usure offrent de vastes perspectives dans les équipements de production de batteries de véhicules électriques (amélioration de la précision d'usinage des matériaux d'électrodes), les composants d'articulation de robots (amélioration de la durabilité des mouvements) et l'usinage d'équipements d'exploration spatiale (tels que les composants d'engins spatiaux résistants aux hautes températures). De plus, leur résistance à l'usure et leur stabilité élevées sont devenues essentielles à la fabrication d'équipements d'informatique quantique et d'équipements d'énergie renouvelable (tels que les équipements de production d'hydrogène). À l'avenir, combinées à l'optimisation de la conception par intelligence artificielle et aux technologies de fabrication durable, leurs champs d'application seront encore élargis.

Ces applications bénéficient des excellentes performances du carbure cimenté, et ses performances dans divers scénarios industriels ont favorisé une mise à niveau complète de la fabrication traditionnelle vers une technologie de pointe.

12.1.5 Développement technologique et défis des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté

Avec la diversification des besoins industriels, la technologie de fabrication des pièces en carbure cimenté résistantes à l'usure continue de s'améliorer. Le développement de carbure cimenté nanogranulé et de phases composites (telles que WC-TiC-Co) a encore amélioré la résistance à l'usure et la durée de vie. L'affinage du grain à 100-300 nanomètres permet d'augmenter la dureté de 15 à 25 % et de prolonger la durée de vie de 20 à 30 %.

Par ailleurs, les revêtements composites (tels que le WC-Co-Cr) et la conception de matériaux à gradient (tels que la variation progressive de la dureté de surface) sont également devenus des pôles de recherche importants. Cependant, le défi réside dans le coût élevé du procédé de frittage (environ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

200 à 500 dollars par kilogramme) et les exigences de précision d'usinage des géométries complexes (tolérance $\pm 0,005$ mm). À l'avenir, la combinaison de la fabrication additive (comme l'impression 3D, qui permet de réaliser des structures internes complexes) et de technologies de surveillance intelligente (comme des capteurs qui informent en temps réel de l'état d'usure) devrait permettre une production plus efficace et personnalisée de pièces résistantes à l'usure. Parallèlement, le développement de procédés de frittage respectueux de l'environnement (tels que les fours de frittage à faibles émissions de carbone) favorisera également le développement durable de l'industrie.

Cette section décrit en détail la conception structurelle, les caractéristiques de performance et les applications techniques des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté sous trois aspects : les moules, les joints et les buses en carbure cimenté, ainsi que l'optimisation de la géométrie et de la répartition des contraintes.

1 2. 2 .1 Pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté - Moules en carbure cimenté

(1) Principes de base et aperçu technique

de la résistance à l'usure des moules en carbure cimenté. Les moules en carbure cimenté sont principalement utilisés dans les procédés de formage à forte charge tels que l'emboutissage, le tréfilage et l'extrusion à froid. Ils doivent avoir une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30) et un faible coefficient de frottement ($<0,3\pm 0,05$) pour garantir la précision dimensionnelle et la finition de surface sous une utilisation à haute fréquence. Ces moules jouent un rôle clé dans le traitement des métaux (comme l'emboutissage de plaques d'acier) et le formage non métallique (comme l'injection plastique), et leurs performances affectent directement la cohérence du produit et l'efficacité de la production. Le matériau est principalement basé sur le système WC-Co, avec une teneur en WC de $>90\% \pm 1\%$ comme squelette dur et une teneur en Co de $6\%-12\% \pm 1\%$ comme phase liante pour ajuster la ténacité. La granulométrie est contrôlée avec précision ($0,5-2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$), et la densité et la micro-uniformité sont obtenues grâce au procédé de frittage par plasma d'étincelles (SPS) ($1\ 400\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$, $50\ \text{MPa} \pm 1\ \text{MPa}$). Le chauffage et la pression rapides du SPS réduisent efficacement la croissance des grains et les défauts de pores, et améliorent la résistance à la fatigue du matériau.

(2) Application

des moules en carbure cimenté Les moules en carbure cimenté ont montré une large valeur d'application dans de nombreux domaines :

fabrication automobile

Utilisé pour l'emboutissage de blocs moteurs, d'engrenages de transmission et de panneaux de carrosserie, la durée de vie de la matrice est $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, prenant en charge une production de haute précision (tolérance $\pm 0,01$ mm) et à haute efficacité pour répondre à la demande d'une production annuelle d'un million de véhicules.

fabrication de composants électroniques

Utilisé pour produire des boîtiers de téléphones portables, des connecteurs de circuits imprimés et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

des cadres de connexion de puces, la dureté du moule (HV 1800-2200) garantit une stabilité à long terme de la précision au niveau du micron et convient à la production de masse d'appareils 5G et d'appareils portables intelligents.

Industrie de l'électroménager

Utilisé pour l'emboutissage de carters de compresseurs de réfrigérateurs et de tambours de machines à laver. Sa résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) permet un emboutissage haute fréquence (> 500 fois/minute), améliorant ainsi l'efficacité de production de $20 \% \pm 3 \%$.

Aérospatial

Utilisé pour l'extrusion à froid d'alliages de titane et d'aluminium, tels que les revêtements d'ailes d'avion et les pales de moteurs. La résistance à la fatigue du moule (durée de vie $> 8 \times 10^5$ fois) répond aux exigences de l'usinage de matériaux à haute résistance.

Dispositifs médicaux

Utilisé pour l'emboutissage d'implants orthopédiques (tels que les prothèses de hanche) et de boîtiers d'instruments chirurgicaux. La rugosité de surface $Ra < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ garantit la biocompatibilité et la précision d'usinage, conformément à la norme ISO 13485.

(3) Mécanisme de résistance à l'usure et analyse des performances

des moules en carbure cémenté Les excellentes performances des moules découlent de leur microstructure et de la conception de leurs matériaux. Le WC en tant que phase dure offre une dureté élevée (HV 1800 ± 30) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure ; le Co en tant que phase de liaison métallique ($6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) absorbe l'énergie par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la rupture atteint $K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, améliorant la capacité à résister à la croissance des fissures. Les grains fins ($0,5 - 1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliorent considérablement la résistance et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch (équation de Hall-Petch, $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et le taux d'usure est contrôlé à $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Français Le polissage de surface ($Ra < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) réduit le frottement et l'adhérence en réduisant la rugosité de surface, et la densité mesurée selon le principe d'Archimède ($14,8 - 15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$) reflète sa densité élevée. L'analyse SEM montre que la matrice YG8 s'use uniformément (profondeur $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) sans microfissures, et la diffraction des rayons X (DRX) confirme que le degré de correspondance du réseau des phases WC et Co est élevé. Les tests de performance montrent que la matrice YG8 a une durée de vie d'emboutissage de 10^6 fois $\pm 10^5$ fois, ce qui est meilleur que YG6 (8×10^5 fois $\pm 10^5$ fois), grâce à un meilleur raffinement du grain et un meilleur traitement de surface.

(4) Analyse des facteurs affectant la résistance à l'usure des moules en carbure cémenté

Contenu Co

$6\% - 12\% \pm 1\%$ optimise la ténacité, et $< 6\% \pm 1\%$ conduit à une augmentation de $10\% \pm 2\%$ du taux de fissures en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Taille des grains

$0,5 - 1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ offre la meilleure résistance à l'usure, et $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $10 \% \pm 2 \%$ en raison de la réduction des joints de grains.

Rugosité de surface

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$Ra < 0,1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ réduit le coefficient de frottement de $10 \% \pm 2 \%$, et $> 0,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$ augmente l'usure de $15 \% \pm 3 \%$, ce qui est cohérent avec la théorie de la courbe de Stribeck.

Par exemple, le taux d'usure du moule YG6 (grain $2 \mu m \pm 0,01 \mu m$) s'élève à $0,06 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, soulignant l'influence de la granulométrie.

(5) La stratégie d'optimisation

de la résistance à l'usure des moules en carbure cimenté vise à obtenir un taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ et une durée de vie > 10 fois ± 10 fois. Il est recommandé de :

Optimisation des matériaux

Co 6%-12% $\pm 1\%$, granulométrie $0,5-1 \mu m \pm 0,01 \mu m$, TaC ($< 1\%$) est ajouté pour améliorer la stabilité à haute température.

Optimisation des processus

La porosité après SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) et pressage isostatique à chaud (HIP, 150 MPa) est $< 0,1\% \pm 0,01\%$.

Optimisation de surface

Polissage diamanté à $Ra < 0,1 \mu m \pm 0,01 \mu m$, revêtement TiN (épaisseur $2 \mu m$) pour réduire les frottements.

Spécifications de test

ASTM G65 (usure), ASTM E92 (dureté).

Après vérification et optimisation, le taux d'usure du moule YG8 (grain $0,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$, $Ra 0,1 \mu m \pm 0,01 \mu m$) est de $0,04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, et sa durée de vie est de 10^6 fois $\pm 10^5$ fois, ce qui est conforme aux normes de l'industrie automobile.

1 2. 2 . 2 Pièces en alliage dur résistantes à l'usure - Joints en alliage dur

(1) Principes de base et aperçu technique des joints en carbure cimenté

Les joints en carbure cimenté sont largement utilisés dans les garnitures mécaniques (telles que les pompes et les vannes), nécessitant une excellente résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$) et un faible taux de fuite ($< 0,01 \text{ mL/min}$) pour faire face aux fluides corrosifs (tels que les solutions H_2SO_4 et NaCl) dans la pétrochimie et le traitement de l'eau. Le matériau est à base de WC-Co (Co 6%-12% $\pm 1\%$), avec du Cr_3C_2 (2%-5% $\pm 0,5\%$) ajouté pour former une couche protectrice de Cr_2O_3 avec une granulométrie de $0,5-2 \mu m \pm 0,01 \mu m$. La densité élevée et la résistance à la corrosion sont obtenues grâce au frittage SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$). Les propriétés auto-cicatrisantes de la couche de Cr_2O_3 reposent sur la loi de Pascal, ce qui améliore la stabilité du joint dans les environnements à haute pression.

(2) Application

des joints en carbure cimenté Les joints en carbure cimenté fonctionnent bien dans diverses conditions de travail difficiles :

Pétrochimique

Utilisé pour les joints de pompes haute pression dans les équipements de raffinage du pétrole et les

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

réseaux de pipelines, il offre une résistance à la pression supérieure à 50 MPa et une vitesse de corrosion inférieure à 0,01 mm/an. Il convient aux fluides contenant du sulfure d'hydrogène (H₂S) et permet de prolonger le cycle de maintenance des équipements jusqu'à plus de 5 000 heures.

Industrie du traitement de l'eau

Utilisés dans les pompes de traitement des eaux usées et les usines de dessalement de l'eau de mer, les joints sont résistants à la corrosion par les ions chlorure (résistants à la solution NaCl > 2000 heures), avec un taux de fuite de < 0,01 mL/min, favorisant le fonctionnement de systèmes de circulation d'eau efficaces.

Industrie de l'énergie

Appliqué aux pompes à eau de refroidissement et aux systèmes de lubrification des turbines à gaz dans les centrales nucléaires, il présente une résistance à la température de 300°C±10°C, une résistance à la corrosion conforme aux normes de sécurité de l'AIEA et un taux de fuite aussi bas que 0,005 mL/min±0,001 mL/min.

Industrie pharmaceutique

Utilisés dans les autoclaves et les réacteurs chimiques, les joints résistent aux agents de nettoyage acides (pH 2-12), garantissant un environnement de production stérile et répondant aux exigences de certification GMP.

Ingénierie navale

Utilisé dans les pompes à eau de mer et les systèmes de propulsion, il résiste à la corrosion par brouillard salin (> 3 000 heures) et prend en charge le fonctionnement à long terme des équipements en haute mer (tels que les ROV) dans des environnements à haute pression (> 30 MPa).

(3) Mécanisme de résistance à l'usure et analyse des performances des joints en carbure cimenté

Le WC (> 90 % ± 1 %) offre une dureté de base (HV 1700 ± 30), le Co (6 % à 12 % ± 1 %) améliore la ténacité (K_{IC} 14 MPa · m^{1/2} ± 0,5) et le Cr₃C₂ (2 % à 5 % ± 0,5 %) génère une couche de Cr₂O₃ d'une épaisseur de < 0,1 μm ± 0,01 μm par oxydation à haute température, ce qui améliore considérablement la résistance à la corrosion. Son mécanisme de passivation suit l'équation de Nernst. L'analyse SEM montre qu'il n'y a pas de piqûres à la surface du joint (écart < 0,1 % ± 0,02 %), et la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) confirme que le Cr₂O₃ est uniformément réparti. Les tests de performance montrent que le joint de formule optimisé a une durée de vie prolongée de 20 % ± 3 % dans une solution à 5 % de H₂SO₄, et le taux de fuite est stabilisé à 0,008 mL/min ± 0,001 mL/min.

(4) Analyse des facteurs affectant la résistance à l'usure des joints en carbure cimenté

Contenu Co

6%-12%±1% équilibre la dureté et la ténacité, <6%±1% augmente le taux de fissures de 10%±2%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Teneur en Cr_3C_2

2%-5%±0,5% améliore la résistance à la corrosion de 20%±3%, >10%±0,5% réduit la dureté de 10%±2% en raison d'une précipitation de phase excessive.

Taille des grains

0,5-1 μm ± 0,01 μm réduit l'usure, tandis que > 2 μm ± 0,01 μm l'augmente de 10 % ± 2 %. Par exemple, le taux de corrosion des joints à faible teneur en Cr_3C_2 (< 2 % ± 0,5 %) passe à 0,015 mm/an ± 0,001 mm/an.

(5) Stratégie d'optimisation de la résistance à l'usure des joints en carbure cimenté

Pour atteindre un taux de corrosion < 0,01 mm/an ± 0,001 mm/an et un taux de fuite < 0,01 mL/min, il est recommandé que :

Optimisation des matériaux

Co 6%-12%±1%, Cr_3C_2 2%-5%±0,5%, granulométrie 0,5-1 μm ±0,01 μm .

Optimisation des processus

SPS (1400°C±10°C, 50 MPa±1 MPa), porosité <0,1%±0,01% après HIP.

Optimisation de surface

Polissage électrolytique à Ra<0,1 μm ±0,01 μm .

1 2. 2. 3 Pièces en alliage dur résistantes à l'usure - Buse en alliage dur

(1) Principes de base des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté - buses en carbure cimenté

Injection, nécessitant une résistance à l'érosion (taux d'érosion < 0,05 mm³ / g ± 0,01 mm³ / g) et une ouverture précise (0,5-2 mm ± 0,01 mm) pour assurer une injection uniforme de fluide ou de particules. Le matériau est principalement du WC-Co (Co 6 %-12 % ± 1 %), avec une granulométrie de 0,5-2 μm ± 0,01 μm , et est préparé par frittage SPS (1 400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa) pour optimiser la résistance à l'érosion. La conception de l'ouverture est basée sur le principe de Bernoulli pour assurer la stabilité dynamique des fluides et est largement utilisée dans l'aérospatiale et la fabrication additive.

(2) Application

de buses en carbure résistantes à l'usure

Les buses en carbure fonctionnent bien dans une variété de scénarios de jet de haute précision :

Aérospatial

Utilisé pour la buse de carburant des moteurs à réaction et le sablage de surface, avec une précision d'ouverture de ± 0,01 mm et un taux d'érosion de < 0,05 mm³ / g, assurant une atomisation uniforme du carburant (diamètre des particules < 50 μm), améliorant l'efficacité de la combustion de 10 % ± 2 %.

Fabrication additive

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Utilisé pour les buses d'impression 3D en métal de haute précision (telles que les équipements SLM), avec un écart de débit de $<1\%$, prenant en charge l'impression d'alliages de titane et d'alliages à base de nickel, et une précision du produit fini de $\pm 0,02$ mm, répondant aux exigences des composants des engins spatiaux.

Fabrication de semi-conducteurs

Les buses à gaz pour les équipements de dépôt chimique en phase vapeur (CVD), résistantes à l'érosion et à la corrosion (résistance au gaz HF > 1000 heures), permettent une grande uniformité dans la production de plaquettes (écart d'épaisseur du film $< 1\%$).

Industrie de l'énergie

Utilisé pour la pulvérisation sur les buses de turbines à gaz et les pales d'éoliennes. Sa résistance aux hautes températures (> 800 °C) et à l'érosion prolonge la durée de vie de l'équipement jusqu'à plus de 3 000 heures, conformément à la norme CEI 61400.

Pulvérisation de voiture

Utilisé pour la pulvérisation de peinture de carrosserie et le prétraitement par galvanoplastie, la stabilité du débit de la buse (écart $<1\%$) assure une épaisseur de revêtement uniforme (± 5 µm), améliorant l'esthétique et la durabilité du produit.

machines agricoles

Utilisé pour la pulvérisation de pesticides et l'injection d'engrais, la résistance à l'érosion (taux d'érosion $< 0,05$ mm³ / g) prend en charge l'injection à haut débit (> 5 L/min) et la zone de couverture est augmentée de $15\% \pm 3\%$, améliorant l'efficacité de la production agricole.

(3) Mécanisme de résistance à l'usure et analyse des performances des buses en carbure cimenté

Le WC ($> 90\% \pm 1\%$) offre une dureté élevée (HV 1800 ± 30), le Co (6% à $12\% \pm 1\%$) améliore la ténacité (K_{Ic} 14 MPa · m^{1/2} $\pm 0,5$) et l'ouverture optimisée ($0,5$ à 2 mm $\pm 0,01$ mm) réduit la concentration d'érosion grâce à la simulation de la mécanique des fluides. Le MEB montre que la buse YG8 est uniformément érodée (profondeur $< 0,05$ mm $\pm 0,01$ mm) sans pelage, et la DRX confirme la cristallinité élevée de la phase WC. Les tests de performance montrent que le taux d'érosion de la buse à ouverture optimisée est réduit à $0,04$ mm³ / g $\pm 0,01$ mm³ / g, et la stabilité de l'écoulement est meilleure que celle de la buse non optimisée (écart $< 1\%$), ce qui répond aux exigences de haute précision de l'industrie de la pulvérisation.

(4) Analyse des facteurs affectant la résistance à l'usure des buses en carbure cimenté

Contenu Co

$6\%-12\% \pm 1\%$ améliore la ténacité, $< 6\% \pm 1\%$ augmente le taux de fissures de $10\% \pm 2\%$.

Taille des grains

$0,5-1$ µm $\pm 0,01$ µm réduit l'érosion, > 2 µm $\pm 0,01$ µm augmente l'érosion de $15\% \pm 3\%$.

Ouverture

pour $0,5-2$ mm $\pm 0,01$ mm, et augmente de $15\% \pm 3\%$ pour > 5 mm $\pm 0,01$ mm en raison de l'effet de turbulence. Par exemple, le taux d'érosion d'une buse d'une ouverture de 5 mm $\pm 0,01$ mm s'élève à $0,07$ mm³/g $\pm 0,01$ mm³/g.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(5) La stratégie d'optimisation

des buses en carbure cimenté vise à obtenir un taux d'érosion inférieur à $0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ et un écart de débit inférieur à 1 %. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation des matériaux

Co 6%-12%±1%, granulométrie $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, VC (<1%) est ajouté pour améliorer la résistance à l'érosion.

Optimisation des processus

SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$), porosité $<0,1\% \pm 0,01\%$ après HIP.

Optimisation de surface

Ouverture : $0,5-2 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, poli à $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Après optimisation, le taux d'érosion de la buse YG8 est de $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ et l'écart de débit est $<1\%$.

1 2. 2 . 4 Pièces en alliage dur résistantes à l'usure - Noyau de soupape et siège de soupape en alliage dur résistants à l'usure

(1) Pièces résistantes à l'usure en alliage dur - principe de base de la technologie du noyau de soupape et du siège de soupape en alliage dur

Les noyaux et sièges de soupape en carbure sont principalement utilisés dans les vannes haute pression (telles que les papillons d'étranglement et les vannes d'arrêt dans les équipements pétroliers, gaziers et chimiques), qui nécessitent une résistance élevée à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$), à l'érosion (taux d'érosion $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$) et un faible taux de fuite ($< 0,005 \text{ mL/min} \pm 0,001 \text{ mL/min}$) pour garantir l'étanchéité et la précision du contrôle du débit dans les environnements extrêmes. Le matériau est basé sur le système WC-Co (Co 6 %-12 % $\pm 1\%$), avec ajout de Cr_3C_2 (2 %-5 % $\pm 0,5\%$) pour former une couche protectrice de Cr_2O_3 . La granulométrie est contrôlée à $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ et préparée par frittage plasma (SPS) ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) pour obtenir une densité élevée et une excellente résistance à l'usure et à la corrosion. La conception géométrique du noyau et du siège de soupape (surface de contact sphérique ou conique, par exemple) repose sur l'optimisation de la mécanique des fluides afin de garantir une étanchéité stable sous une forte différence de pression ($> 50 \text{ MPa}$).

(2) Analyse du mécanisme et des performances du noyau de soupape et du siège de soupape en alliage dur résistant à l'usure

Le WC ($> 90\% \pm 1\%$) offre une dureté élevée ($\text{HV } 1750 \pm 30$), le Co (6 % à 12 % $\pm 1\%$) améliore la ténacité ($K_{Ic} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), le Cr_3C_2 (2 % à 5 % $\pm 0,5\%$) génère une couche protectrice de Cr_2O_3 d'une épaisseur de $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ par oxydation à haute température, ce qui améliore considérablement la résistance à la corrosion. Son mécanisme de passivation suit l'équation de Nernst. Français Les grains fins ($0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliorent la résistance et réduisent le taux d'érosion ($< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$) grâce à l'équation de Hall-Petch (équation de Hall-Petch,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). La surface de contact du noyau de soupape et du siège de soupape est polie ($Ra < 0,1 \mu m \pm 0,01 \mu m$) pour réduire la friction et l'usure. L'analyse SEM montre que la profondeur d'érosion du noyau de soupape YG8 est $< 0,05 mm \pm 0,01 mm$, et qu'il n'y a pas de piqures sur la surface (écart $< 0,1\% \pm 0,02\%$). La spectroscopie dispersive en énergie (EDS) confirme que Cr_2O_3 est uniformément réparti, et l'analyse XRD montre une cristallinité élevée de la phase WC. Les tests de performance montrent que le taux d'érosion du noyau de soupape optimisé et du siège de soupape dans les fluides contenant du sable (débit $> 10 m/s$) n'est que de $0,04 mm^3/g \pm 0,01 mm^3/g$, et le taux de fuite est stable à $0,004 mL/min \pm 0,001 mL/min$.

(3) Analyse des facteurs affectant les performances du noyau de soupape et du siège de soupape en carbure résistant à l'usure

Teneur en Co : $6\% - 12\% \pm 1\%$ équilibre la dureté et la ténacité, $< 6\% \pm 1\%$ augmente le taux de fissures de $10\% \pm 2\%$ en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Teneur en $Cr_3 C_2$: $2\% - 5\% \pm 0,5\%$ améliore la résistance à la corrosion de $20\% \pm 3\%$, $> 10\% \pm 0,5\%$ réduit la dureté de $10\% \pm 2\%$ en raison d'une précipitation de phase excessive.

Taille des grains : $0,5 - 1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ réduit l'érosion et l'usure, $> 2 \mu m \pm 0,01 \mu m$ augmente l'érosion de $15\% \pm 3\%$.

Rugosité de surface : $Ra < 0,1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ réduit le taux de fuite de $10\% \pm 2\%$, tandis que $> 0,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$ augmente le taux de fuite de $15\% \pm 3\%$ en raison d'une étanchéité réduite de la surface de contact.

Par exemple, le taux de corrosion d'un noyau de valve sans ajout de $Cr_3 C_2$ augmente à $0,02 mm/an \pm 0,001 mm/an$, et le taux d'érosion à $0,07 mm^3/g \pm 0,01 mm^3/g$.

(4) Application

d'un noyau de soupape et d'un siège de soupape en alliage dur résistant à l'usure

Les noyaux et sièges de soupape en carbure sont largement utilisés dans diverses conditions de travail difficiles :

Pétrole et gaz

Utilisé pour les vannes de forage de puits profonds et les gazoducs à haute pression, avec une résistance à la pression de $> 50 MPa$, une résistance à la corrosion par H_2S et CO_2 (> 2000 heures) et un taux de fuite de $< 0,005 mL/min$, prenant en charge le fonctionnement fiable des équipements d'extraction de pétrole et de gaz en haute mer (tels que FPSO).

Équipement chimique

Ce système de vannes est utilisé dans les réacteurs à milieux acides (tels que l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique). Sa résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 mm/an$) garantit un fonctionnement sans fuite à long terme et est conforme à la norme ASME B16.34.

Industrie de l'énergie

Utilisé pour les vannes d'alimentation des chaudières des centrales thermiques et les vannes haute pression des centrales nucléaires. Sa résistance à la température atteint $400^\circ C \pm 10^\circ C$ et sa résistance à l'érosion (taux d'érosion $< 0,05 mm^3/g$) permettent un contrôle précis du débit de vapeur à haute température et haute pression.

Aérospatial

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Utilisée dans les soupapes de carburant des moteurs-fusées, la résistance à l'érosion du noyau de soupape (taux d'érosion $< 0,04 \text{ mm}^3/\text{g}$) assure la stabilité de l'injection de carburant liquide (tel que l'oxygène liquide et l'hydrogène liquide) et répond aux normes de sécurité de la NASA.

Industrie pharmaceutique

Utilisé pour les valves de pompe à seringue haute pression, la résistance à la corrosion et le faible taux de fuite ($< 0,005 \text{ mL/min}$) garantissent l'absence de contamination dans la production de médicaments et répondent aux exigences de certification de la FDA.

1 2. 2 . 5 Pièces en alliage dur résistantes à l'usure - Trépan miniers en alliage dur résistants à l'usure

(1) Principe technique de base

des forets miniers en carbure cimenté résistants à l'usure Les forets miniers en carbure cimenté sont principalement utilisés pour l'exploitation minière en profondeur (comme les mines de charbon, de métaux et le forage pétrolier), nécessitant une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) et une résistance aux chocs (énergie d'impact $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) pour faire face aux formations rocheuses de haute dureté et aux conditions géologiques complexes. Le matériau est principalement un système WC-Co (Co 6%-12% $\pm$ 1%), avec une teneur en WC $> 90\% \pm 1\%$ pour fournir un squelette dur, et la granulométrie est contrôlée à $0,5\text{-}2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$. Il est préparé par frittage par plasma d'étincelles (SPS) ($1\ 400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) pour garantir une densité élevée et une résistance à la fatigue. La conception du trépan allie mécanique de coupe et optimisation de la conduction thermique. L'angle de la tête de coupe (généralement $120^\circ \pm 5^\circ$) et la structure à rainures hélicoïdales améliorent l'efficacité du forage et les capacités d'élimination des scories, ce qui le rend idéal pour les opérations de haute intensité dans les puits ultra-profonds ($> 5\ 000 \text{ m}$).

(2) Analyse du mécanisme et des performances

des forets miniers résistants à l'usure en carbure cimenté WC ($> 90\% \pm 1\%$) offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion ; Co (6 %-12 % $\pm$ 1 %) en tant que phase liante absorbe l'énergie d'impact par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la fracture atteint $K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, améliorant la capacité à résister à la croissance des fissures. Les grains fins ($0,5\text{-}1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliorent la résistance mécanique et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch (équation de Hall-Petch, $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et le taux d'usure est contrôlé à $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Le traitement thermique de surface du foret (épaisseur de la couche de durcissement $< 0,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$) améliore la résistance aux hautes températures ($> 600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$). L'analyse SEM montre que la profondeur d'usure du foret YG8 est $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, et qu'il n'y a pas de fissure évidente de la lame. La diffraction des rayons X (DRX) confirme la forte cristallinité de la phase WC. Les tests de performance montrent que le foret optimisé a une durée de vie de perçage de plus de 100 heures $\pm$ 10 heures dans le granit (dureté 7 Mohs), une vitesse de perçage de $10\text{-}15 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$, et une résistance aux chocs supportant une charge instantanée de $5\ 000 \text{ J} \pm 500 \text{ J}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(3) Analyse des facteurs affectant les performances des forets miniers résistants à l'usure en carbure cimenté

Contenu Co

6%-12%±1% optimise la ténacité et la résistance aux chocs, <6%±1% augmente le taux de fissures de 10%±2% en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Taille des grains

0,5-1 μm ±0,01 μm réduit l'usure et l'écaillage des bords, >2 μm ±0,01 μm augmente l'usure de 15 %±3 % en raison de la réduction des joints de grains.

Couche de durcissement de surface

Une épaisseur < 0,5 mm ± 0,1 mm améliore la résistance à l'usure, tandis qu'une épaisseur > 1 mm ± 0,1 mm réduit la ténacité de 10 % ± 2 %, ce qui entraîne un risque accru d'écaillage.

Angle de la lame

120°±5° optimise l'efficacité de coupe, tandis que >130°±5° réduit la vitesse de perçage de 10 %±2 % grâce à une surface de contact accrue.

Par exemple, le taux d'usure d'un foret avec une granulométrie de 2 μm ±0,01 μm passe à 0,07 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, et sa durée de vie est réduite à 80 heures±10 heures.

(4) Principales applications des forets miniers résistants à l'usure en carbure cimenté

Les forets miniers en carbure excellent dans une variété de scénarios miniers :

Extraction du charbon

Utilisé pour le forage profond des mines de charbon, il offre une résistance à l'usure permettant un forage continu de plus de 100 heures, une vitesse de forage de 10 à 15 m/h et une fréquence de remplacement réduite de 20 % ± 3 %. Il est adapté aux veines de charbon dur du nord de la Chine.

Exploitation minière des métaux

Utilisé pour le forage profond dans les minerais de cuivre et de fer, résistance aux chocs (> 50 J) pour le granit et le basalte, durée de vie > 120 heures, supportant les grandes mines à ciel ouvert au Chili et en Australie.

Forage pétrolier

Appliqué aux plateformes de forage offshore, sa résistance à la corrosion (résistance à l'eau de mer > 2000 heures) assure un forage efficace des puits de pétrole et de gaz en eaux profondes (> 3000 m), répondant aux normes API Spec 7-1.

Exploration géologique

Utilisé pour le carottage dans les roches dures (comme le quartzite). La précision du foret (écart d'ouverture < 0,1 mm) permet un prélèvement précis des échantillons et est largement utilisé en recherche géologique.

Ingénierie des tunnels

Utilisé dans la construction de tunnels de métro et de trains à grande vitesse, sa résistance aux chocs et à l'usure supporte l'excavation de roches dures (> 8 Mohs), et la longueur de forage par quart de travail est augmentée de 15 % ± 2 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1 2. 2 . 6 Pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté - Billes de broyage et supports de broyage en carbure cimenté

(1) Principes techniques de base

des billes de broyage et des supports de broyage en carbure cimenté

Les billes et supports de broyage en carbure sont principalement utilisés dans les équipements de traitement des poudres ultrafines tels que les broyeurs à boulets, les broyeurs vibrants et les broyeurs agités, nécessitant une dureté élevée (HV 1800-2200±30), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois) pour s'adapter aux environnements de broyage à haute énergie et aux opérations à long terme. Le matériau est principalement un système WC-Co (Co 6%-12%±1%), avec une teneur en WC $> 90\% \pm 1\%$ comme squelette dur, et la granulométrie est contrôlée à $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$. Il est préparé par frittage par plasma d'étincelles (SPS) ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) pour garantir une densité élevée et une microstructure uniforme. La forme des billes de broyage (généralement sphériques ou cylindriques, d'un diamètre de $5 \text{ à } 20 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$) et la conception de la surface des supports de broyage sont optimisées grâce à la mécanique de frottement afin d'améliorer l'efficacité du broyage et la dispersion des matériaux. Elles conviennent au traitement des minéraux, à la production de céramique et à la préparation de nanomatériaux.

(2) Analyse du mécanisme et des performances

des billes de broyage et des supports de broyage en carbure cimenté

Français Le WC ($> 90\% \pm 1\%$) offre une dureté élevée (HV 1800-2200 ± 30) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion ; le Co (6 %-12 % $\pm 1\%$), en tant que phase liante, absorbe les contraintes d'impact et de fatigue par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la rupture atteint $K_{IC} \approx 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, améliorant la capacité à résister à la croissance des fissures. Les grains fins ($0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliorent la résistance et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et le taux d'usure est contrôlé à $< 0,04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Français Le polissage de surface ($R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) réduit l'adhérence et l'usure abrasive, et la densité mesurée selon le principe d'Archimède ($14,8-15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$) reflète sa grande compacité. L'analyse SEM montre que la bille de broyage YG8 s'use uniformément (profondeur $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) sans pelage évident, et la diffraction des rayons X (DRX) confirme la forte correspondance de réseau des phases WC et Co. Les tests de performance montrent que la bille de broyage optimisée a une durée de vie de plus de 10^6 fois $\pm 10^5$ fois lors du broyage du sable de quartz (dureté 7 Mohs), et l'efficacité de broyage est améliorée de $15\% \pm 2\%$, et la taille des particules peut atteindre le niveau submicronique ($< 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$).

(3) Analyse des facteurs affectant les performances des billes de broyage et des supports de broyage en carbure cimenté

Contenu Co

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

6%-12%±1% optimise la ténacité et la résistance à la fatigue, <6%±1% augmente le taux de fissures de 10%±2% en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Taille des grains

0,5-1 μm ±0,01 μm réduit l'usure et l'écaillage, >2 μm ±0,01 μm augmente l'usure de 15 %±3 % en raison de la réduction des joints de grains.

Rugosité de surface

$R_a < 0,1 \mu\text{m}$ ±0,01 μm réduit l'usure abrasive de 10 %±2 %, et $> 0,5 \mu\text{m}$ ±0,01 μm augmente l'usure de 20 %±3 % en raison d'une adhérence de surface accrue.

Consistance du diamètre

Une plage de 5 à 20 mm ± 0,1 mm assure une uniformité de broyage, tandis qu'une déviation supérieure à 0,5 mm ± 0,1 mm réduit l'efficacité de 10 % ± 2 % en raison d'une dispersion inégale du matériau. Par exemple,

l'usure des billes de broyage d'une granulométrie de 2 μm ± 0,01 μm passe à 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, et leur durée de vie est réduite à 8×10^5 fois ± 10^5 fois.

(4) Application

de billes de broyage et de supports de broyage en carbure cimenté

Les billes de broyage et les supports de broyage en carbure excellent dans une variété d'applications de broyage de haute précision :

Traitement des minéraux

Utilisé pour le broyage ultrafin des minerais de cuivre et d'or. Sa résistance à l'usure permet un fonctionnement continu de plus de 1 000 heures et une amélioration de l'efficacité de broyage de 20 % ± 3 %.

Production de céramique

Appliquée au broyage de poudres céramiques d'alumine et de zircone, l'uniformité des particules (<1 μm) permet la fabrication de carreaux céramiques et de substrats électroniques de haute qualité conformément aux normes ISO 9001.

Préparation de nanomatériaux

Utilisé pour le broyage à billes de nanotubes de carbone et de nanopoudres d'oxydes métalliques. Sa résistance à la fatigue (> 10 fois supérieure) assure un broyage haute énergie à long terme. Il est largement utilisé dans la recherche et le développement de matériaux pour batteries.

Peintures et pigments

Utilisé pour la dispersion ultrafine de dioxyde de titane et de pigments organiques. La résistance à la corrosion du matériau de broyage (résistance aux acides et aux bases > 2 000 heures) facilite la production de revêtements chimiques et améliore la brillance du produit de 10 % ± 2 %.

Industrie pharmaceutique

Utilisé pour la micronisation des ingrédients pharmaceutiques actifs, la faible pollution des milieux de broyage (pas de précipitation de métaux lourds) est conforme aux exigences GMP et favorise une préparation efficace des médicaments.

1 2. 2 . 7 Pièces en alliage dur résistantes à l'usure - Rouleaux en alliage dur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(1) Principes de base et aperçu technique

des rouleaux résistants à l'usure en carbure cémenté

Les cylindres en carbure cémenté sont principalement utilisés pour le laminage des métaux (tels que le laminage à froid et à chaud des plaques d'acier, d'aluminium et de cuivre), nécessitant une dureté élevée (HV 1800-2200±30), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³ / N·m ± 0,01 mm³ / N·m) et une résistance à la fatigue thermique (durée de vie > 10⁶ fois ± 10⁵ fois) pour faire face aux conditions difficiles de température élevée (> 800 °C ± 10 °C), de pression élevée (> 200 MPa) et de fonctionnement continu. Le matériau est principalement basé sur le système WC-Co (Co 6 %-12 % ± 1 %), avec une teneur en WC de > 90 % ± 1 % comme squelette dur, et la granulométrie est contrôlée à 0,5-2 μm ± 0,01 μm. Il est préparé par frittage par plasma d'étincelles (SPS) (1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa) pour garantir une densité élevée et une stabilité thermique. La conception de la surface du rouleau adopte un usinage de précision (Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm) et une optimisation géométrique (diamètre de la surface du rouleau compris entre 500 et 1000 mm ± 1 mm), basé sur les principes de la mécanique de contact et de la conduction thermique, afin d'améliorer la précision du laminage et la qualité de surface. Il est adapté au laminage de haute précision dans les industries de l'acier, de l'automobile et de l'aéronautique.

(2) Analyse du mécanisme et des performances

des rouleaux résistants à l'usure en carbure cémenté

Le WC (> 90 % ± 1 %) offre une dureté élevée (HV 1800-2200 ± 30) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et aux chocs thermiques ; le Co (6 %-12 % ± 1 %), en tant que phase liante, absorbe les contraintes thermiques et mécaniques par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la rupture atteint $K_{IC} \geq 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, améliorant la résistance à la croissance des fissures. Les grains fins (0,5-1 μm ± 0,01 μm) améliorent la résistance mécanique et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et le taux d'usure est contrôlé à < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m. Le traitement thermique de surface (épaisseur de la couche de durcissement < 0,5 mm ± 0,1 mm) améliore la résistance aux hautes températures. L'analyse SEM montre que le rouleau YG8 s'use uniformément (profondeur < 0,05 mm ± 0,01 mm) sans fissures thermiques. La diffraction des rayons X (DRX) confirme la grande stabilité thermique de la phase WC. Les tests de performance montrent que le rouleau optimisé a une durée de vie supérieure à 10⁶ fois ± 10⁵ fois lors du laminage de plaques d'acier inoxydable (épaisseur 1 mm ± 0,01 mm), la rugosité de surface reste Ra < 0,2 μm ± 0,02 μm et la précision de laminage atteint ± 0,01 mm.

(3) Analyse des facteurs affectant les rouleaux résistants à l'usure en carbure

Contenu Co

6%-12%±1% optimise la ténacité et la résistance à la fatigue thermique, <6%±1% augmente le taux de fissures de 10%±2% en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Taille des grains

0,5-1 μm±0,01 μm réduit l'usure et la fissuration thermique, >2 μm±0,01 μm augmente l'usure de 15 %±3 % en raison de la réduction des joints de grains.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Rugosité de surface

$Ra < 0,1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ réduit l'usure adhésive de $10 \% \pm 2 \%$, et $> 0,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$ augmente l'usure de $20 \% \pm 3 \%$ en raison de la réduction de la qualité de surface.

Diamètre du rouleau

Une plage de 500 à 1 000 mm ± 1 mm assure une uniformité de laminage, tandis qu'un écart supérieur à 5 mm ± 1 mm réduit la précision de $10 \% \pm 2 \%$ en raison d'une pression de contact inégale. Par exemple, le taux d'usure d'un rouleau dont la granulométrie est de $2 \mu m \pm 0,01 \mu m$ atteint $0,07 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, et sa durée de vie est réduite à 8×10^5 fois $\pm 10^5$ fois.

(4) Application

de rouleaux résistants à l'usure en carbure cémenté

Les rouleaux en carbure excellent dans une variété d'applications de traitement des métaux :

Industrie sidérurgique

Utilisé pour la production de tôles d'acier laminées à chaud et à froid, la résistance à haute température ($> 800^\circ\text{C}$) prend en charge le laminage continu > 1000 heures, précision $\pm 0,01$ mm, répondant aux besoins des tôles d'acier de construction et des plaques automobiles.

Traitement de l'aluminium

Appliqué au laminage de feuilles d'aluminium et d'alliages d'aluminium pour l'aviation, la résistance à l'usure garantit une finition de surface ($Ra < 0,2 \mu m$), une durée de vie $> 10^6$ fois, largement utilisé dans l'emballage et la fabrication d'avions.

Cuivre et alliages

Utilisé pour le laminage de précision de bandes de cuivre et de plaques de laiton. Sa résistance à la fatigue thermique permet un laminage à haute fréquence (> 500 fois/heure), améliorant ainsi l'efficacité de production de $15 \% \pm 2 \%$, conformément aux normes de l'industrie électronique.

Équipements énergétiques

Utilisé pour le laminage de tôles d'acier destinées aux pipelines des centrales nucléaires et aux tours d'éoliennes. Sa résistance à la corrosion (résistance aux acides > 2000 heures) répond aux exigences des environnements haute pression et sa durée de vie est prolongée de $20 \% \pm 3 \%$.

Fabrication ferroviaire

Utilisé pour le laminage initial des roues et rails de trains à grande vitesse. Sa résistance aux chocs (> 50 J) permet un laminage intensif. La précision est de $\pm 0,02$ mm, conformément à la norme EN 13674.

1 2. 2. 8 Pièces résistantes à l'usure en alliage dur - Engrenages et pièces de transmission en alliage dur

(1) Principes de base

des pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté - engrenages et composants de transmission en carbure cémenté Les engrenages et composants de transmission en carbure cémenté sont principalement utilisés dans les systèmes de transmission mécanique à forte charge (tels que les machines lourdes, les moteurs d'avion et les réducteurs industriels), nécessitant une dureté élevée (HV 1800-2200 ± 30), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm³ / N · m) et une résistance à la fatigue (durée de vie > 10⁶fois ± 10⁵fois) pour faire face à des conditions de travail complexes de vitesse élevée (> 5000 tr/min ± 500 tr/min), de couple élevé (> 1000 N·m ± 100 N·m) et de fonctionnement à long terme. Le matériau est principalement basé sur le système WC-Co (Co 6 %-12 % ± 1 %), avec une teneur en WC > 90 % ± 1 % comme squelette dur, et une granulométrie contrôlée à 0,5-2 μm ± 0,01 μm. Il est préparé par frittage par plasma d'étincelles (SPS) (1 400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa) pour garantir une densité élevée et une résistance aux chocs. La conception de l'engrenage adopte un moulage de précision (module 1-5 mm ± 0,1 mm) et un traitement de surface (Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm), et optimise l'efficacité de la transmission et le contrôle du bruit grâce à la théorie de l'engrènement des engrenages, ce qui convient aux équipements de transmission de haute précision et à forte charge.

(2) Analyse du mécanisme et des performances

des engrenages en carbure et des composants de transmission

Le WC (> 90 % ± 1 %) offre une dureté élevée (HV 1800-2200 ± 30) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et aux chocs ; le Co (6 %-12 % ± 1 %), en tant que phase liante, absorbe les contraintes de fatigue par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la rupture atteint $K_{IC} \geq 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, améliorant la capacité à résister à la croissance des fissures. Les grains fins (0,5-1 μm ± 0,01 μm) améliorent la résistance mécanique et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et le taux d'usure est contrôlé à < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m . Français Le revêtement de lubrification de surface (épaisseur < 0,5 μm ± 0,1 μm) réduit le coefficient de frottement (< 0,3 ± 0,05), l'analyse SEM montre que l'usure de la surface des dents de l'engrenage YG8 est uniforme (profondeur < 0,05 mm ± 0,01 mm), il n'y a pas de fissure de racine, et la diffraction des rayons X (DRX) confirme la grande stabilité de la phase WC. Les tests de performance montrent que l'engrenage optimisé a une durée de vie de plus de 10⁶ fois ± 10⁵ fois à 5000 tr/min, un rendement de transmission de 98 % ± 1 % et un niveau de bruit inférieur à 70 dB ± 2 dB.

(3) Analyse des facteurs affectant les engrenages en carbure et les composants de transmission

Contenu Co

6%-12%±1% optimise la ténacité et la résistance à la fatigue, <6%±1% augmente le taux de fissures de 10%±2% en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Taille des grains

0,5-1 μm±0,01 μm réduit l'usure et les fissures de fatigue, >2 μm±0,01 μm augmente l'usure de 15 %±3 % en raison de la réduction des joints de grains.

Rugosité de surface

Ra<0,1 μm±0,01 μm réduit la friction et le bruit de 10 %±2 %, et >0,5 μm±0,01 μm augmente l'usure de 20 %±3 % en raison de l'adhérence à la surface des dents.

Précision du module

Une déviation de 1 à 5 mm ± 0,1 mm assure une transmission fluide, tandis qu'une déviation supérieure à 0,5 mm ± 0,1 mm réduit le rendement de 10 % ± 2 % en raison d'un mauvais

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

engrènement. Par exemple, le taux d'usure d'un engrenage dont la granulométrie est de $2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ atteint $0,07\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, et sa durée de vie est réduite à 8×10^5 fois $\pm 10^5$ fois.

(4) Application des engrenages en carbure et des pièces de transmission

Les engrenages et composants de transmission en carbure excellent dans une variété de domaines de transmission haute performance :

Industrie aéronautique

Utilisé dans les systèmes de transmission des moteurs à turbine et des trains d'atterrissage, il résiste aux températures élevées ($> 600\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$) et prend en charge la transmission à grande vitesse, a une durée de vie $> 10^6$ fois et répond aux normes de certification FAA.

Machinerie lourde

Appliqué à la transmission du concasseur minier et du broyeur à ciment, il présente une résistance élevée aux chocs ($> 50\text{ J}$) et supporte un couple élevé ($> 1000\text{ N}\cdot\text{m}$), et l'efficacité est améliorée de $15\% \pm 2\%$.

Automobile

Utilisé dans les réducteurs et boîtes de vitesses de véhicules électriques, la résistance à l'usure assure un fonctionnement à long terme ($> 5\text{ }000$ heures), le bruit est inférieur à 70 dB et répond aux exigences d'émission de l'EPA.

Équipements énergétiques

Pour les réducteurs d'éoliennes, la résistance à la fatigue ($> 10^6$ fois) prend en charge un fonctionnement intermittent à forte charge et la durée de vie est prolongée de $20\% \pm 3\%$, conformément aux normes IEC 61400.

Robotique

Utilisé pour la transmission des articulations des robots industriels, la précision (écart de module $< 0,1\text{ mm}$) prend en charge une réponse dynamique élevée et est largement utilisée dans les chaînes de montage automobiles.

1 2. 2 . 9 Pièces résistantes à l'usure en alliage dur - Coussinets de palier en alliage dur

(1) Principes de base et technologies

des pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté - coussinets de palier résistants à l'usure en carbure cémenté

Les coussinets en carbure sont principalement utilisés dans les équipements rotatifs à forte charge (tels que les pompes, les compresseurs et les turbines), nécessitant une dureté élevée ($\text{HV } 1800\text{--}2200 \pm 30$), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,04\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) et à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01\text{ mm/an} \pm 0,001\text{ mm/an}$) pour s'adapter à un fonctionnement à long terme à grande vitesse ($> 3000\text{ tr/min} \pm 300\text{ tr/min}$), haute pression ($> 50\text{ MPa}$) et milieux corrosifs. Le matériau est principalement basé sur le système WC-Co (Co $6\%\text{--}12\% \pm 1\%$), avec une teneur en WC $> 90\% \pm 1\%$ comme squelette dur, et la granulométrie est contrôlée à $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$. Fabriqué par frittage par plasma d'étincelles (SPS) ($1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$), il garantit une densité élevée et une bonne résistance à la fatigue. La surface intérieure de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la bague est rectifiée avec précision (diamètre intérieur 50-200 mm $\pm$ 0,1 mm, Ra < 0,1 μ m $\pm$ 0,01 μ m). La lubrification et la résistance à l'usure sont optimisées selon les principes de la mécanique des fluides et de la tribologie. Il est adapté au support de roulements dans les secteurs de la pétrochimie, de l'énergie et de la construction navale.

(2) Analyse du mécanisme et des performances des bagues de roulement résistantes à l'usure en carbure cémenté

Le WC (> 90 % $\pm$ 1 %) offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion ; le Co (6 %-12 % $\pm$ 1 %), en tant que phase liante, absorbe les contraintes mécaniques par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la rupture atteint K_{IC} $\geq$ 14 MPa $\cdot$ m^{1/2} $\pm$ 0,5, améliorant la capacité à résister à la croissance des fissures. Les grains fins (0,5-1 μ m $\pm$ 0,01 μ m) améliorent la résistance mécanique et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et le taux d'usure est contrôlé à < 0,04 mm³/N $\cdot$ m $\pm$ 0,01 mm³/N $\cdot$ m. Français L'ajout de Cr₃C₂ (2%-5% $\pm$ 0,5%) à la surface génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 μ m $\pm$ 0,01 μ m), ce qui améliore considérablement la résistance à la corrosion. Son mécanisme de passivation suit l'équation de Nernst. L'analyse SEM montre que la surface intérieure de la bague YG8 est usée uniformément (profondeur < 0,05 mm $\pm$ 0,01 mm) sans piqûres, et la diffraction des rayons X (DRX) confirme la grande stabilité de la phase WC. Les tests de performance montrent que le taux de corrosion de la bague optimisée dans une solution à 5% de H₂SO₄ n'est que de 0,008 mm/an $\pm$ 0,001 mm/an, la durée de vie opérationnelle dépasse 10⁴heures $\pm$ 10³heures et le coefficient de frottement est stable à 0,2 $\pm$ 0,05.

(3) Analyse des facteurs affectant les bagues de roulement résistantes à l'usure en carbure

Contenu Co

6%-12% $\pm$ 1% optimise la ténacité et la résistance à la fatigue, <6% $\pm$ 1% augmente le taux de fissures de 10% $\pm$ 2% en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Taille des grains

0,5-1 μ m $\pm$ 0,01 μ m réduit l'usure et la corrosion, >2 μ m $\pm$ 0,01 μ m augmente l'usure de 15 % $\pm$ 3 % en raison de la réduction des joints de grains.

Rugosité de surface

Ra<0,1 μ m $\pm$ 0,01 μ m réduit la friction et l'usure de 10 % $\pm$ 2 %, et >0,5 μ m $\pm$ 0,01 μ m augmente l'usure de 20 % $\pm$ 3 % en raison de l'adhérence de surface.

Teneur en Cr₃C₂

Une augmentation de 2 % à 5 % $\pm$ 0,5 % améliore la résistance à la corrosion de 20 % $\pm$ 3 %, tandis qu'une augmentation de plus de 10 % $\pm$ 0,5 % réduit la dureté de 10 % $\pm$ 2 % en raison d'une précipitation excessive.

Par exemple, la vitesse de corrosion d'une bague sans ajout de Cr₃C₂ augmente à 0,015 mm/an $\pm$ 0,001 mm/an, et la vitesse d'usure à 0,06 mm³/N $\cdot$ m $\pm$ 0,01 mm³/N $\cdot$ m.

(4) Application

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de bagues de roulement en carbure résistantes à l'usure

Les bagues de roulement en carbure excellent dans une variété d'applications d'équipements rotatifs hautes performances :

Pétrochimique

Utilisé pour les roulements de pompes centrifuges et de compresseurs, la résistance à la corrosion (résistance H₂S > 2000 heures) prend en charge les environnements à haute température et haute pression, durée de vie > 10 heures, conformément à la norme API 610.

Industrie de l'énergie

Appliqué aux roulements de turbines à gaz et de pompes de réacteurs nucléaires, la résistance à haute température (> 500 °C ± 10 °C) assure un fonctionnement stable à long terme et le coefficient de frottement est aussi bas que 0,2, conforme à la norme IEC 60034.

Industrie de la construction navale

Utilisé pour les arbres de propulsion marins et les roulements d'hélices, résistant à la corrosion de l'eau de mer (> 3000 heures) et supportant les opérations en haute mer, avec une précision de diamètre intérieur de ± 0,1 mm, conformément aux normes ISO 19085.

Automobile

Utilisé dans les bagues de roulement de turbocompresseur, la résistance à l'usure prend en charge une vitesse élevée (> 3000 tr/min), la durée de vie est prolongée de 20 % ± 3 % et elle répond aux normes d'émissions automobiles.

Traitement de l'eau

Utilisé pour les roulements de pompe de traitement des eaux usées, résistant à la corrosion par les ions chlorure (résistance NaCl > 2000 heures) pour assurer un fonctionnement efficace, largement utilisé dans l'ingénierie municipale.

1 2. 2 .1 0 Pièces résistantes à l'usure en alliage dur - Filière de tréfilage en alliage dur

(1) Principes de base

des pièces résistantes à l'usure en carbure cémenté - filières de tréfilage en carbure cémenté

Les filières de tréfilage en carbure sont principalement utilisées pour le tréfilage de fils métalliques (tels que le fil de cuivre, le fil d'acier et le fil de tungstène), qui nécessitent une dureté élevée (HV 1800-2200±30), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure < 0,03 mm³ / N·m ± 0,01 mm³ / N·m) et un faible coefficient de frottement (< 0,3±0,05) pour garantir une haute précision (tolérance ± 0,01 mm) et un état de surface (Ra < 0,1 µm ± 0,01 µm) du fil, ainsi qu'une longue durée de vie. Le matériau est principalement basé sur le système WC-Co (Co 6%-10% ± 1%), avec une teneur en WC > 90% ± 1% comme squelette dur, et une granulométrie contrôlée à 0,5-1,5 µm ± 0,01 µm. Il est préparé par frittage par plasma d'étincelles (SPS) (1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa) pour garantir une densité élevée et une micro-uniformité. La conception du trou de matrice adopte une structure de compression progressive (ouverture de 0,1 à 5 mm ± 0,01 mm), basée sur la mécanique des fluides et l'optimisation tribologique pour réduire l'accumulation de chaleur et les rayures de surface lors de l'emboutissage. Il est adapté à la fabrication de fils et câbles, de faisceaux de câbles automobiles et d'instruments de précision.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(2) Analyse du mécanisme et des performances

des filières de tréfilage en carbure cimenté

Français Le WC ($> 90 \% \pm 1 \%$) offre une dureté élevée (HV 1800-2200 ± 30) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion ; le Co (6 %-10 % $\pm 1 \%$) en tant que phase liante absorbe les contraintes de traction par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la rupture atteint $K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, améliorant la résistance à la croissance des fissures. Les grains fins (0,5-1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliorent la résistance mécanique et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et le taux d'usure est contrôlé à $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Français Le polissage de la surface intérieure ($R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) combiné au revêtement TiN (épaisseur $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) réduit le coefficient de frottement. L'analyse SEM montre que le trou de la filière de tréfilage YG6 s'use uniformément (profondeur $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) sans microfissures. La diffraction des rayons X (DRX) confirme la cristallinité élevée de la phase WC. Les tests de performance montrent que la filière de tréfilage optimisée a une durée de vie de plus de $10^5 \pm 10^4$ fois lors du tréfilage de fil de cuivre (diamètre $0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), la rugosité de surface du fil $R_a < 0,1 \mu\text{m}$ et l'efficacité de traitement est améliorée de $15 \% \pm 2 \%$.

(3) Analyse des facteurs affectant les filières de tréfilage en carbure cimenté

Contenu Co

6%-10% $\pm 1\%$ optimise la ténacité et la résistance à l'usure, $< 6\% \pm 1\%$ augmente le taux de fissures de $10\% \pm 2\%$ en raison d'une phase de liaison insuffisante.

Taille des grains

0,5-1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit l'usure et les rayures, $> 1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente l'usure de $15 \% \pm 3 \%$ en raison de la réduction des joints de grains.

Rugosité de surface

$R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit la friction de $10 \% \pm 2 \%$, et $> 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente l'usure de $20 \% \pm 3 \%$ en raison de l'adhérence de surface.

Précision du trou de matrice

0,1-5 mm $\pm 0,01 \text{ mm}$ assure l'uniformité de l'étirage, tandis qu'un écart supérieur à $0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ réduit la précision de $10 \% \pm 2 \%$ en raison de la concentration des contraintes. Par exemple, le taux d'usure d'une filière de tréfilage avec une granulométrie de $1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ atteint $0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, et sa durée de vie est réduite à 8×10^4 fois $\pm 10^4$ fois.

(4) Application

des filières de tréfilage en carbure cimenté

Les filières de tréfilage en carbure fonctionnent bien dans une variété de domaines de traitement de fils de haute précision :

Fils et câbles

Utilisé pour le tréfilage de fils de cuivre et d'aluminium. Résistance à l'usure pour un tréfilage continu $> 10^5$ fois. Précision du diamètre du fil : $\pm 0,01 \text{ mm}$. Largement utilisé dans la transmission de puissance.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

faisceau de câbles automobile

Appliqué au tréfilage de fils d'acier et d'alliages, durée de vie $> 10^5$ fois, finition de surface $R_a < 0,1 \mu\text{m}$, répondant aux besoins de l'électronique automobile.

Instruments de précision

Utilisé pour le tréfilage de fils de tungstène et de molybdène. Le trou de filière résiste aux températures élevées ($> 600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) pour garantir une précision au micron près. Il est utilisé dans les semi-conducteurs et les équipements médicaux.

Fil d'acier de construction

Pour le tréfilage de fils en acier précontraint, la résistance à la fatigue ($> 10^5$ fois) permet un traitement à haute résistance et répond aux normes ASTM A421.

Machines textiles

Utilisé pour le tréfilage de fils en acier inoxydable, la résistance à la corrosion (résistance aux acides > 2000 heures) garantit une utilisation à long terme, largement utilisée dans la production de sangles industrielles.

1 2. 2 .1 1 Pièces en alliage dur résistantes à l'usure - Pièces d'équipement médical en alliage dur

(1) Principes techniques de base

des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté - composants de dispositifs médicaux en carbure cimenté

Les composants de dispositifs médicaux en carbure cimenté sont principalement utilisés pour les outils chirurgicaux (tels que les scies à os, les forets et les ciseaux) et les équipements auxiliaires d'implants, nécessitant une dureté élevée ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$), une excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) et une biocompatibilité (absence de précipitation de métaux lourds $< 0,1 \text{ ppm} \pm 0,01 \text{ ppm}$) pour garantir une haute précision (tolérance $\pm 0,01 \text{ mm}$), une durabilité et une sécurité dans l'environnement du corps humain. Le matériau est principalement basé sur le système WC-Co (Co 6%-10% $\pm 1\%$), avec une teneur en WC de $> 90\% \pm 1\%$ comme squelette dur, et la granulométrie est contrôlée à $0,5-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$. Il est préparé par frittage par plasma d'étincelles (SPS) ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) pour garantir une densité élevée et un aspect de surface lisse. La surface du composant est recouverte d'un revêtement bio-inerte (par exemple, TiN, épaisseur $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) et polie avec précision ($R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Optimisée pour sa compatibilité mécanique et biologique, elle est adaptée aux interventions orthopédiques, dentaires et neurochirurgicales.

(2) Analyse du mécanisme et des performances

des pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté - composants de dispositifs médicaux en carbure cimenté

Le WC ($> 90\% \pm 1\%$) offre une dureté élevée ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$) et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et aux chocs ; le Co (6 %-10 % $\pm 1\%$), en tant que phase liante, absorbe les contraintes de coupe par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et la ténacité à la rupture atteint $K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, améliorant la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance à la croissance des fissures. Les grains fins ($0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliorent la résistance mécanique et la résistance à l'usure grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$), et le taux d'usure est contrôlé à $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Le revêtement TiN réduit le coefficient de frottement ($< 0,3 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la corrosion. L'analyse SEM montre que l'usure du tranchant du composant YG6 est uniforme (profondeur $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) sans microfissures, et la diffraction des rayons X (DRX) confirme la grande stabilité de la phase WC. Les tests de performance montrent que le composant optimisé présente une durée de vie supérieure à 10^4 fois $\pm 10^3$ fois en coupe osseuse simulée (dureté 5 Mohs), et une rugosité de surface $R_a < 0,1 \mu\text{m}$, conforme à la norme ISO 13485 relative aux dispositifs médicaux.

(3) Analyse des facteurs affectant les pièces résistantes à l'usure en carbure cimenté - composants de dispositifs médicaux en carbure cimenté

Contenu Co

6%-10% $\pm$ 1% optimise la ténacité et la biocompatibilité, >10% $\pm$ 1% augmente la précipitation des métaux lourds de 5% $\pm$ 1%, affectant la sécurité.

Taille des grains

$0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit l'usure et les microfissures, $>1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente l'usure de 15 % $\pm$ 3 % en raison de la réduction des joints de grains.

Rugosité de surface

$R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit l'adhérence des tissus de 10 % $\pm$ 2 %, et $> 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente l'usure de 20 % $\pm$ 3 % en raison du risque d'attachement bactérien.

Épaisseur du revêtement

$0,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ améliore la résistance à la corrosion de 20 % $\pm$ 3 %, et $> 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ réduit la ténacité de 10 % $\pm$ 2 % en raison de la concentration des contraintes.

Par exemple, le taux d'usure d'un composant dont la granulométrie est de $1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ passe à $0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, et sa durée de vie est réduite à 8×10^3 fois $\pm 10^3$ fois.

Application

des composants de dispositifs médicaux en carbure cimenté Les composants de dispositifs médicaux en carbure cimenté fonctionnent bien dans une variété de domaines médicaux :

Chirurgie orthopédique

Utilisé dans les scies et perceuses à os, la résistance à l'usure permet une coupe continue $> 10^4$ fois, avec une précision de $\pm 0,01 \text{ mm}$, et est largement utilisée dans le remplacement de la hanche.

Soins dentaires

Appliquée aux forets dentaires et aux limes canalaire, la résistance à la corrosion (résistance aux fluides corporels > 2000 heures) assure une utilisation à long terme et est conforme aux normes ISO 1797.

Neurochirurgie

Ciseaux pour chirurgie mini-invasive, biocompatibles (pas de précipitation de métaux lourds) pour soutenir les opérations cérébrales, durée de vie $> 10^4$ fois, répondent aux exigences de la FDA.

Réparation des traumatismes

Utilisé dans les vis osseuses et les clips de fixation, la résistance à la fatigue ($> 10^4$ fois) favorise la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

cicatrisation des fractures, finition de surface $Ra < 0,1 \mu m$.

Matériel vétérinaire

Utilisés pour les outils chirurgicaux pour animaux, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures ($> 400 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) soutiennent la chirurgie sur le terrain et sont largement utilisés dans l'élevage.



12.2 Application de la projection thermique résistante à l'usure du carbure cémenté

Français La technologie de projection thermique améliore la résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) et la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$) des tuyaux (durée de vie $> 10^4$ heures $\pm 10^3$ heures) et des vannes (écart d'étanchéité $< 0,01 \% \pm 0,001 \%$) en déposant des revêtements WCCo (épaisseur $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$). Les procédés de projection comprennent HVOF (vitesse $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$) et APS (température $> 10000^{\circ}\text{C} \pm 100^{\circ}\text{C}$).

Cette section commence par l'application et les tests de performance des revêtements WCCo dans les tuyaux et les vannes.

12.2.1 Application du revêtement WCCo dans les tuyaux et les vannes

Français Principe de base et aperçu technique

Le revêtement WCCo (WC $80\%90\% \pm 1\%$, Co $10\%20\% \pm 1\%$) est déposé par HVOF (débit de gaz $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$) ou APS (puissance $3050 \text{ kW} \pm 1 \text{ kW}$), avec une dureté HV 10001400 ± 30 et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

une force de liaison $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$. Revêtement de canalisation (épaisseur $200500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)
résistance à l'érosion (taux d'érosion $<0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$), revêtement de vanne ($50200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)
résistance à l'usure (taux d'usure $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$).

Les tests incluent la dureté (ASTM E384, précision $\pm 30 \text{ HV}$), l'usure (ASTM G65, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), l'érosion (ASTM G76, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$) et la résistance à l'adhérence (ASTM C633, précision $\pm 1 \text{ MPa}$). Par exemple, la dureté du revêtement HVOFWC12Co est de $\text{HV } 1200 \pm 30$ et le taux d'usure est de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

Analyse du mécanisme et des performances

Les particules WC ($0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) fournissent une dureté ($\text{HV } 1200 \pm 30$) et la matrice Co ($10 \% \pm 20 \% \pm 1 \%$) améliore la ténacité ($K_{IC} 510 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$). Le revêtement HVOF est dense (porosité $< 1 \% \pm 0,1 \%$), et le revêtement APS est épais (force de liaison $> 70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$). Le MEB montre que les particules WC du revêtement HVOF sont uniformes (écart $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$), et que le revêtement APS présente des micropores ($< 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$). EDS confirme le rapport WC/Co (écart $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$). Les tests montrent que le taux d'érosion du HVOFWC12Co (pipeline) est de $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ et que le taux d'usure de l'APSWC17Co (vanne) est de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en WC : $80 \% \pm 90 \% \pm 1 \%$, dureté élevée ; $< 70 \% \pm 1 \%$, taux d'usure augmenté de $15 \% \pm 3 \%$.

Épaisseur du revêtement : $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, excellentes performances ; $> 1000 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, le taux de pelage augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

Procédé de pulvérisation : HVOF, porosité $< 1 \% \pm 0,1 \%$; APS, force de liaison augmentée de $10 \% \pm 2 \%$.

Taille des particules : $0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, excellente résistance à l'usure ; $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, le taux d'érosion augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

Conditions de travail : débit $< 10 \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s}$, faible taux d'usure ; $> 20 \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s}$, l'érosion augmente de $15 \% \pm 3 \%$.

le taux d'écaillage de l'APSWC17Co (épaisseur $1000 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) est passé à $15 \% \pm 3 \%$.

La stratégie d'optimisation

visé à atteindre un taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ et une résistance d'adhérence $> 70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation du revêtement : WC $80 \% \pm 90 \% \pm 1 \%$, Co $10 \% \pm 20 \% \pm 1 \%$, épaisseur $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$.

Optimisation des procédés : HVOF (pipeline, vitesse $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$), APS (vanne, puissance $40 \text{ kW} \pm 1 \text{ kW}$).

Optimisation des particules : WC $0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, porosité $< 1 \% \pm 0,1 \%$.

Spécifications d'essai : ASTM G65 (abrasion), ASTM G76 (érosion), ASTM C633 (force de liaison).

Vérification et optimisation : SEM et EDS confirment la morphologie et la composition du

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

revêtement.

Par exemple, le taux d'usure du HVOFWC12Co (épaisseur $200\ \mu\text{m} \pm 1\ \mu\text{m}$) est de $0,03\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ et le taux d'érosion est de $0,04\ \text{mm}^3/\text{g} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{g}$.

12.2.2 Test de performance (taux d'usure $< 0,05\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)

Principes de base et aperçu technique

Les tests de performance évaluent le taux d'usure ($< 0,05\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), le taux d'érosion ($< 0,05\ \text{mm}^3/\text{g} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{g}$), la dureté (HV 1000 1400 ± 30) et la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01\ \text{mm}/\text{an} \pm 0,001\ \text{mm}/\text{an}$) des revêtements WCCo. Les normes de test comprennent ASTM G65 (usure), ASTM G76 (érosion), ASTM E384 (dureté) et ASTM G31 (corrosion).

Les tests comprenaient l'usure (profilomètre, précision $\pm 0,01\ \text{mm}$), l'érosion (perte de masse, précision $\pm 0,01\ \text{g}$) et la morphologie (MEB, résolution $< 0,1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$). Par exemple, le taux d'usure du revêtement HVOFWC12Co est de $0,03\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, et le taux de corrosion est de $0,008\ \text{mm}/\text{an} \pm 0,001\ \text{mm}/\text{an}$.

Analyse du mécanisme et des performances

Une teneur élevée en WC ($80\ \% \ 90\ \% \pm 1\ \%$) assure la dureté (HV 1200 ± 30) et en Co ($10\ \% \ 20\ \% \pm 1\ \%$) assure la ténacité ($K_{IC} \ 510\ \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$). La faible porosité du revêtement HVOF ($< 1\ \% \pm 0,1\ \%$) réduit l'incrustation de particules abrasives (taux d'usure $< 0,05\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$). Le MEB montre que la surface usée du revêtement HVOF est lisse ($R_a < 0,2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$), tandis que le revêtement APS présente des micro-rayures (largeur $< 0,01\ \text{mm} \pm 0,001\ \text{mm}$). L'EDS confirme qu'il n'y a pas de perte évidente de Co dans la zone de corrosion (écart $< 0,1\ \% \pm 0,02\ \%$). Les tests montrent que le taux d'usure du HVOFWC12Co est de $0,03\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, ce qui est meilleur que celui de l'APSWC17Co ($0,04\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$).

Analyse des facteurs d'influence

Procédé de revêtement : HVOF, taux d'usure diminué de $10\ \% \pm 2\ \%$; APS, taux d'érosion augmenté de $10\ \% \pm 2\ \%$.

Taille des particules de WC : $0,11\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$, excellentes performances ; $> 2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$, le taux d'usure augmente de $10\ \% \pm 2\ \%$.

Environnement de test : usure sèche, faible taux d'usure ; usure humide, le taux de corrosion augmente de $15\ \% \pm 3\ \%$.

Épaisseur du revêtement : $50500\ \mu\text{m} \pm 1\ \mu\text{m}$, haute résistance à l'usure ; $> 1000\ \mu\text{m} \pm 1\ \mu\text{m}$, le taux de pelage augmente de $10\ \% \pm 2\ \%$.

Charge : $1050\ \text{N} \pm 1\ \text{N}$, le taux d'usure est stable ; $> 100\ \text{N} \pm 1\ \text{N}$, l'usure augmente de $15\ \% \pm 3\ \%$.

Par exemple, le taux de corrosion de l'APSWC17Co (usure humide) a augmenté jusqu'à $0,012\ \text{mm}/\text{an} \pm 0,001\ \text{mm}/\text{an}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La stratégie d'optimisation

visé à atteindre un taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ et un taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation du procédé : HVOF (vitesse $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$), porosité $< 1\% \pm 0,1\%$.

Optimisation du revêtement : WC $80\%90\% \pm 1\%$, épaisseur $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$.

Optimisation des particules : $0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Cr_3C_2 ajouté ($2\%5\% \pm 0,5\%$).

Spécifications d'essai : ASTM G65 (abrasion), ASTM G31 (corrosion).

Vérification et optimisation : le MEB et le profilomètre confirment la morphologie de l'usure et de l'érosion.

Par exemple, le taux d'usure du HVOFWC12Co (épaisseur $200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) est de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ et le taux de corrosion est de $0,008 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$.

12.3 Exploitation minière et forage

Le carbure cémenté est utilisé sous forme de forets et de pics dans les secteurs de l'exploitation minière et du forage, qui exigent une résistance élevée à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) et aux chocs (énergie d'impact $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$). Le matériau est principalement du WCCo (Co $10\%15\% \pm 1\%$), avec une granulométrie de $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, ce qui répond aux exigences de durée de vie ($> 100 \text{ heures} \pm 10 \text{ heures}$) et de rendement (empreinte $> 1 \text{ m/h} \pm 0,1 \text{ m/h}$).

Cette section commence par les forets et pics en carbure et la résistance aux chocs et à l'usure.

12.3.1 Forets et pics en carbure

Français Principes de base et aperçu technique

Les trépan (forage de roche, forage pétrolier) et les pics (machines à attaque ponctuelle) sont fabriqués en WCCo (Co $10\%15\% \pm 1\%$), avec une dureté de HV 14001800 ± 30 et une ténacité de $K_{Ic} 1525 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$. La géométrie du trépan est sphérique ou conique (angle au sommet $90^\circ 120^\circ \pm 0,5^\circ$), et les pics sont cylindriques (diamètre $1050 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). Le frittage SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) assure une faible porosité ($< 0,1\% \pm 0,01\%$).

Les tests incluent la dureté (ASTM E92, précision $\pm 30 \text{ HV}$), l'usure (ASTM G65, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), la résistance aux chocs (ISO 148, précision $\pm 1 \text{ J}$) et la durée de vie (essai sur le terrain, précision $\pm 1 \text{ heure}$). Par exemple, la dureté d'un foret YG15 est de $\text{HV } 1600 \pm 30$ et sa durée de vie est de $120 \text{ heures} \pm 10 \text{ heures}$.

Analyse du mécanisme et des performances

Une teneur élevée en Co ($10\%15\% \pm 1\%$) améliore la résistance aux chocs (énergie d'impact $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) et le WC ($> 85\% \pm 1\%$) assure la résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,01 mm³/N·m). Le grain 15 µm ± 0,01 µm équilibre la dureté et la ténacité. Le MEB montre que la surface usée du foret YG15 est lisse (Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm) et qu'il n'y a pas de fissure dans la zone d'impact du pic (< 0,1 mm ± 0,01 mm). L'EDS confirme que le WC/Co est uniformément réparti (écart < 0,1 % ± 0,02 %).

Les tests sur le terrain montrent que la durée de vie du foret YG15 (granit) est de 120 heures ± 10 heures, ce qui est meilleur que celle du YG8 (100 heures ± 10 heures).

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en Co : 10%15%±1%, excellente résistance aux chocs ; <8%±1%, taux de fissures augmenté de 15%±3%.

Taille des grains : 15 µm±0,01 µm, performances équilibrées ; <0,5 µm±0,01 µm, la ténacité diminue de 10 %±2 %.

Géométrie : Angle au sommet 90°120°±0,5°, faible taux d'usure ; >150°±0,5°, l'usure augmente de 10%±2%.

Fréquence d'impact : 1050 Hz±1 Hz, durée de vie > 100 heures±10 heures ; > 100 Hz±1 Hz, augmentation des fissures 15 %±3 %.

Dureté de la roche : HV 100500±10, excellentes performances ; >1000±10, augmentation de l'usure de 15%±3%.

Par exemple, la durée de vie d'un foret YG8 (Co 8%±1%) est réduite à 100 heures±10 heures.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre un taux d'usure < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m et une durée de vie > 100 heures ± 10 heures. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation du matériau : Co 10%15%±1%, granulométrie 15 µm±0,01 µm.

Optimisation de la géométrie : angle de la tête de perçage 90°120°±0,5°, diamètre du pic 1050 mm±0,01 mm.

Optimisation du procédé : SPS (1400°C±10°C, 50 MPa±1 MPa), porosité <0,1%±0,01%.

Spécifications d'essai : ASTM G65 (abrasion), ISO 148 (impact).

Validation et optimisation : les tests SEM et sur le terrain confirment les performances d'usure et d'impact.

Par exemple, le taux d'usure d'un foret YG15 (granulométrie 2 µm ± 0,01 µm, angle au sommet 120° ± 0,5°) est de 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m et sa durée de vie est de 120 heures ± 10 heures.

12.3.2 Résistance aux chocs et à l'usure (énergie d'impact > 50 J)

50

J ± 5 J) et la résistance à l'usure (taux d'usure < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) sont obtenues grâce à une teneur élevée en Co (10 % 15 % ± 1 %) et un grain approprié (15 µm ± 0,01 µm). Les outils YG15/YG20 sont adaptés aux conditions d'impact élevées (fréquence 1050 Hz ± 1 Hz) et le

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

polissage de surface ($Ra < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) réduit l'usure.

Les tests incluent l'énergie d'impact (ISO 148, précision $\pm 1 \text{ J}$), le taux d'usure (ASTM G65, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) et la morphologie (MEB, résolution $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Par exemple, l'énergie d'impact du pic YG15 est de $60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ et le taux d'usure est de $0,04 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Analyse du mécanisme et des performances

forme un réseau résistant (fraction volumique $10\% \pm 1\%$), absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) et WC ($> 85\% \pm 1\%$) résiste à l'usure abrasive (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$). Les grains de $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmentent K_{IC} ($1525 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) par déflexion des fissures. Le MEB montre qu'il n'y a pas de fissures dans la zone d'impact du pic YG15 ($< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) et que la surface d'usure est lisse ($Ra < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Les tests montrent que la durée de vie du YG15 (fréquence d'impact $30 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$) est de $120 \text{ heures} \pm 10 \text{ heures}$, ce qui est mieux que le YG8 ($100 \text{ heures} \pm 10 \text{ heures}$).

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en Co : $10\% \pm 1\%$, l'énergie d'impact augmente de $20\% \pm 3\%$; $< 8\% \pm 1\%$, le taux de fissure augmente de $15\% \pm 3\%$.

Granulométrie : $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, excellente résistance aux chocs; $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, dureté augmentée de $10\% \pm 2\%$.

Rugosité de surface : $Ra < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, le taux d'usure diminue de $10\% \pm 2\%$; $> 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, l'usure augmente de $15\% \pm 3\%$.

Fréquence d'impact : $1050 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$, performances stables; $> 100 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$, augmentation des fissures $15\% \pm 3\%$.

Type de roche : Roche moyennement dure (HV 100500 ± 10), longue durée de vie; Roche super dure (HV $> 1000 \pm 10$), l'usure augmente de $15\% \pm 3\%$.

Par exemple, le taux d'usure du pic YG8 ($Ra \ 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) augmente à $0,06 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

La stratégie d'optimisation

visée à obtenir une énergie d'impact $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ et un taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation du matériau : Co $10\% \pm 1\%$, granulométrie $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Optimisation de surface : polissage ($Ra < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), résistance à l'usure augmentée de $10\% \pm 2\%$.

Optimisation du procédé : SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$), porosité $< 0,1\% \pm 0,01\%$.

Spécifications d'essai : ISO 148 (impact), ASTM G65 (abrasion).

Vérification et optimisation : SEM et test d'impact pour confirmer les performances.

Par exemple, l'énergie d'impact du pic YG15 ($Ra \ 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) est de $60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ et le taux d'usure est de $0,04 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.4 Technologie de renforcement de surface

La technologie de renforcement de surface améliore la résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) et à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$) grâce **au revêtement laser** (épaisseur $0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), à l'arc plasma transféré (PTA, dureté HV 10001500 ± 30) et à la **projection thermique (HVOF, APS)**. Cette technologie est adaptée aux moules, aux tuyaux et aux pièces minières.

Cette section commence par une comparaison des performances entre le revêtement laser et le plasma à arc transféré (HVOF vs. APS).

12.4.1 Revêtement laser et arc plasma transféré

de

$0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ et d'une dureté de HV 10001500 ± 30 . Le PTA (courant $100300 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$) dépose du WCCo (Co $10 \% 20 \% \pm 1 \%$) avec une force de liaison $> 100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$. Les deux conviennent aux moules (durée de vie $> 10^6 \text{ fois} \pm 10^5 \text{ fois}$) et aux pics miniers (durée de vie $> 100 \text{ heures} \pm 10 \text{ heures}$).

Les tests incluent la dureté (ASTM E384, précision $\pm 30 \text{ HV}$), l'usure (ASTM G65, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), la force de liaison (ASTM C633, précision $\pm 1 \text{ MPa}$) et la morphologie (SEM, résolution $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Par exemple, la dureté du revêtement WCNi pour placage laser est de HV 1200 ± 30 et le taux d'usure est de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Analyse des mécanismes et des performances

Français Le revêtement laser forme une liaison métallurgique (force de liaison $> 100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$), les particules de WC ($0,52 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) sont uniformément réparties (écart $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$), et la matrice Ni ($> 20 \% \pm 1 \%$) est résistante à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$). Le revêtement PTA est épais ($12 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) et le Co ($10 \% 20 \% \pm 1 \%$) améliore la ténacité ($K_{IC} 510 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$). Le MEB montre que le revêtement de revêtement laser ne présente aucune fissure ($< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$) et que le revêtement PTA présente peu de micropores ($< 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$).

Les tests montrent que la durée de vie du revêtement laser WCNi (moule) est de $10^6 \text{ fois} \pm 10^5 \text{ fois}$, et la durée de vie du PTAWCCo (dents de coupe) est de $120 \text{ heures} \pm 10 \text{ heures}$.

Analyse des facteurs d'influence

Teneur en WC : $60 \% 80 \% \pm 1 \%$, dureté élevée ; $< 50 \% \pm 1 \%$, taux d'usure augmenté de $15 \% \pm 3 \%$.

Épaisseur du revêtement : $0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, excellentes performances ; $> 3 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, le taux de fissures augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Puissance laser : $15 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$, force de liaison élevée ; $>10 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$, augmentation des fissures thermiques de $15 \% \pm 3 \%$.

Courant PTA : $100300 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$, le revêtement est dense ; $>500 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$, la porosité augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

Matériau de base : Acier (HV 200400 $\pm$ 10), excellente adhérence ; Fonte (HV 150250 $\pm$ 10), taux d'écaillage augmenté de $10 \% \pm 2 \%$.

Par exemple, le taux de fissuration du revêtement laser (épaisseur $3 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) est passé à $15 \% \pm 3 \%$.

La stratégie d'optimisation

visé à atteindre un taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ et une résistance d'adhérence $> 100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation du revêtement : WC 60%80% $\pm$ 1%, épaisseur $0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$.

Optimisation des procédés : revêtement laser (puissance $3 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$), PTA (courant $200 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$).

Optimisation de la matrice : Substrat en acier (HV 200400 $\pm$ 10), préchauffé à $200^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$.

Spécifications de test : ASTM G65 (abrasion), ASTM C633 (force de liaison).

Vérification et optimisation : SEM et EDS confirment la morphologie et la composition du revêtement.

Par exemple, le taux d'usure du revêtement laser WCNi (épaisseur $1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) est de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ et la durée de vie est de 10^6 fois $\pm 10^5$ fois.

12.4.2 Comparaison des performances (HVOF vs. APS)

Principes de base et aperçu technique

HVOF (vitesse $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$) et APS (température $> 10000^\circ\text{C} \pm 100^\circ\text{C}$) déposent des revêtements WCCo (WC 80 % 90 % $\pm 1 \%$). Les revêtements HVOF sont denses (porosité $< 1 \% \pm 0,1 \%$), et les revêtements APS sont épais (épaisseur $200 \text{ } 500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$). HVOF convient aux tuyaux (taux d'érosion $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$), et APS convient aux moules (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$).

Les tests incluent la dureté (ASTM E384, précision $\pm 30 \text{ HV}$), l'usure (ASTM G65, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), l'érosion (ASTM G76, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$) et la résistance à l'adhérence (ASTM C633, précision $\pm 1 \text{ MPa}$). Par exemple, le HVOFWC12Co présente une dureté de $\text{HV } 1200 \pm 30$ et un taux d'usure de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

Analyse du mécanisme et des performances :

Le revêtement HVOF forme une faible porosité ($<1 \% \pm 0,1 \%$) à grande vitesse ($>1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$), les particules de WC ($0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) restent intactes (taux d'écrasement $<1 \% \pm 0,1 \%$), et ont une excellente résistance à l'érosion (taux d'érosion $<0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$). Le revêtement APS

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

améliore la liaison (résistance $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) à haute température ($>10000^{\circ}\text{C} \pm 100^{\circ}\text{C}$) et convient aux charges lourdes (charge $>1000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$). Le MEB montre que la surface du revêtement HVOF est lisse ($R_a < 0,2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$) et que le revêtement APS présente des micropores ($<1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,1 \text{ } \mu\text{m}$).

Les tests montrent que le taux d'érosion du HVOFWC12Co est de $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ et que le taux d'usure de l'APSWC17Co est de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

Analyse des facteurs d'influence

Type de procédé : HVOF, taux d'érosion diminué de $10 \% \pm 2 \%$; APS, force de liaison augmentée de $10 \% \pm 2 \%$.

Teneur en WC : $80 \% \text{ } 90 \% \pm 1 \%$, dureté élevée ; $< 70 \% \pm 1 \%$, taux d'usure augmenté de $15 \% \pm 3 \%$.

Épaisseur du revêtement : $50500 \text{ } \mu\text{m} \pm 1 \text{ } \mu\text{m}$, excellentes performances ; $>1000 \text{ } \mu\text{m} \pm 1 \text{ } \mu\text{m}$, le taux de pelage augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

Taille des particules : $0,11 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$, excellente résistance à l'usure ; $>2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$, le taux d'érosion augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

Conditions de travail : Pipeline (vitesse d'écoulement $<10 \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s}$), HVOF excellent ; moule (charge $>1000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$), APS applicable.

le taux d'écaillage de l'APSWC17Co (épaisseur $1000 \text{ } \mu\text{m} \pm 1 \text{ } \mu\text{m}$) est passé à $15 \% \pm 3 \%$.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre un taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ et un taux d'érosion $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Options de procédé : HVOF (tuyau), APS (moule).

Optimisation du revêtement : WC $80\%90\% \pm 1\%$, épaisseur $50500 \text{ } \mu\text{m} \pm 1 \text{ } \mu\text{m}$.

Optimisation des particules : $0,11 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$, porosité $<1\% \pm 0,1\%$.

Spécifications d'essai : ASTM G65 (abrasion), ASTM G76 (érosion).

Vérification et optimisation : SEM et EDS confirment les performances du revêtement.

Par exemple, le taux d'érosion du HVOFWC12Co (épaisseur $200 \text{ } \mu\text{m} \pm 1 \text{ } \mu\text{m}$) est de $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$, et le taux d'usure de l'APSWC17Co (épaisseur $300 \text{ } \mu\text{m} \pm 1 \text{ } \mu\text{m}$) est de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Références

Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming.

Conception et optimisation des performances des pièces en carbure cimenté résistantes à l'usure[J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2022, 40(5) : 134143.

Chen Xiaodong, Zhao Gang, Liu Wei. Étude de la résistance à l'usure des carbures cimentés pour moules et joints[J]. Matériaux pour le génie mécanique, 2023, 39(4) : 8997

Wang Li, Zhang Zhiqiang, Chen Feng. Optimisation géométrique et des contraintes des pièces en carbure cimenté résistantes à l'usure [J]. Recherche en technologie de fabrication, 2021, 35(5) : 7886 .

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. Application des

revêtements par projection thermique WCCo dans les pipelines[J]. Protection des matériaux, 2022, 55(6) : 101109 .

Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. Essais de performance et évaluation des revêtements par projection thermique[J]. Surface Technology, 2023, 52(3) : 123131

Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. Analyse des performances des forets et pics en carbure cimenté pour l'exploitation minière[J]. Ingénierie minière, 2024, 42(2) : 6775

Wang Tao, Zhang Li, Chen Yu. Étude d'optimisation de la résistance aux chocs et à l'usure des carbures cimentés[J]. Ingénierie des matériaux, 2022, 46(7) : 145153

Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. Applications des

technologies de revêtement laser et d'arc plasma transféré [J]. Recherche sur les matériaux avancés, 2023, 41(4) : 8997 .

Smith J, Brown T, Johnson R. Revêtements résistants à l'usure pour applications minières[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2021, 295 : 117126.

Smith J, Brown T, Johnson R. Revêtements résistants à l'usure pour applications minières[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2021, 295 : 117126.

Tanaka H, Yamada K. Revêtements par projection thermique pour pièces résistantes à l'usure[J]. Journal of the Japan Society for Surface Engineering, 2023, 74 (3) : 156163 .

Park J, Lee H. Comparaison des performances des revêtements HVOF et APS[J]. Revue coréenne des métaux et matériaux, 2022, 60(5) :

278-286.

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 sable sec et à roue en caoutchouc[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 sable sec et à roue en caoutchouc[S]. Pékin : China Standards Press, 2016.

ASTM G7618. Méthode d'essai normalisée pour la réalisation d'essais d'érosion par impact de particules solides[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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Pékin : China Standards Press, 2018.

ASTM G7618. Méthode d'essai normalisée pour la réalisation d'essais d'érosion par impact de particules solides[S]. Pékin : China Standards Press, 2018.

ASTM C63313. Méthode d'essai normalisée pour la résistance à l'adhérence ou à la cohésion des revêtements projetés thermiquement[S]. Pékin : China Standards Press, 2013.

ASTM C63313. Méthode d'essai normalisée pour la résistance à l'adhérence ou à la cohésion des revêtements projetés thermiquement[S]. Pékin : China Standards Press, 2013.

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 148:2016.

Matériaux métalliques — Essai de choc au pendule Charpy[S]. Pékin : China Standards Press, 2016. ISO 148:2016.

Matériaux métalliques — Essai de choc au pendule Charpy[S]. Pékin : China Standards Press, 2016.

ASTM E46615. Pratique standard pour la réalisation d'essais de fatigue axiale à amplitude constante à force contrôlée[S]. Pékin : China Standards Press, 2015. ASTM E46615. Pratique standard pour la réalisation d'essais de fatigue axiale à amplitude constante à force contrôlée[S]. Pékin : China Standards Press, 2015.

ASTM E38417. Méthode d'essai normalisée pour la dureté par microindentation des matériaux [S]. Pékin : China Standards Press, 2017.

ASTM E38417. Méthode d'essai normalisée pour la dureté par microindentation des matériaux [S]. Pékin : China Standards Press, 2017.



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

appendice:

Technologie et application de projection thermique au carbure cémenté

La projection thermique de carbure cémenté forme un revêtement de haute dureté, résistant à l'usure et à la corrosion par projection de carbure cémenté (tels que des alliages à base de carbure de tungstène) sur la surface du substrat à l'état fondu ou semi-fondu. Elle est largement utilisée dans l'aérospatiale, la sidérurgie, l'automobile, l'exploitation minière et l'énergie. Cet article explique de manière systématique la projection thermique de carbure cémenté et ses applications : principes techniques, flux de processus, performances du revêtement, influence des paramètres géométriques, scénarios d'application, avantages et inconvénients, et tendances de développement, fournissant ainsi une référence pour le choix industriel.

1. Principes techniques et classification des processus

Le procédé consiste à chauffer de la poudre ou du fil de carbure cémenté jusqu'à l'état fondu ou semi-fondu grâce à une source de chaleur (flamme, plasma ou arc), puis à le projeter sur la surface du substrat à l'aide d'un flux d'air à grande vitesse pour former un revêtement dense. Le revêtement est lié au substrat par emboîtement mécanique ; la surface du substrat n'est pratiquement pas fondue et l'effet thermique est faible. Les procédés courants incluent :

Technologie	principe	Température de la source de chaleur °C	Vitesse de particules m/s	Équipement typique
Projection à la flamme	Le carburant oxygéné (acétylène, propane) brûle pour produire une flamme qui fait fondre la poudre ou le fil, et l'air comprimé accélère le jet.	30003500	40100	Pistolet à flamme
Projection plasma	L'arc plasma (argon, azote, hydrogène) chauffe la poudre à haute température et la pulvérise à grande vitesse pour former un revêtement.	10 000 à 20 000	100400	Système de projection plasma
Oxygène-carburant à grande vitesse pulvérisation HVOF	Le carburant oxygène brûle à grande vitesse, générant un flux d'air supersonique qui pulvérise un revêtement à haute densité.	30004000	400800	Pistolet de pulvérisation HVOF
Projection à l'arc	Un arc électrique est généré entre deux fils métalliques, faisant fondre le matériau du fil et l'air comprimé accélère le jet.	40006000	100200	Équipement de projection à l'arc
Pulvérisation par détonation DGun	La déflagration oxy-combustible accélère instantanément la poudre, produisant un revêtement à haute densité.	40005000	6001000	Pistolet pulvérisateur à détonation

2. Procédé de projection thermique de carbure cémenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Le procédé de projection thermique de carbure cimenté comprend plusieurs étapes clés pour garantir la qualité et les performances du revêtement. Voici un exemple typique :

2.1 Prétraitement du substrat

Objectif : Nettoyer et rendre rugueuse la surface du substrat et améliorer l'adhérence du revêtement.
étape:

Nettoyage : Utilisez des solvants organiques (tels que l'éthanol, l'acétone) pour le nettoyage par ultrasons afin d'éliminer l'huile et les impuretés pendant 5 à 15 minutes.

Sablage : Sablage avec du sable d'oxyde d'aluminium ou de carbure de silicium, rugosité de surface Ra 25 μm , pour améliorer l'ajustement mécanique.

Nettoyage plasma (optionnel) : Bombardement au plasma d'argon pour éliminer les oxydes microscopiques.

2.2 Préparation du matériau de pulvérisation

Matériaux : Poudre de carbure cimenté (tel que WCCo, WCNi, WCCoCr), granulométrie 1050 μm ;
ou fil (tel que celui à base de WCCo).

traiter avec:

Tamassage : S'assurer que la granulométrie de la poudre est uniforme et présente une bonne fluidité (débit 2040 g/s).

Séchage : Sécher à 100-150°C pour éliminer l'humidité et éviter les défauts de pulvérisation.

2.3 Procédé de projection thermique

Configuration de l'appareil :

Réglez les paramètres de pulvérisation : distance de pulvérisation (100300 mm), puissance (2050 kW) et pression du flux d'air (0,51,0 MPa).

Sélectionnez le gaz vecteur (tel que l'argon, l'azote) pour contrôler l'oxydation.

Pulvérisation:

La poudre ou le fil pénètre dans la source de chaleur par le système d'alimentation et est chauffé jusqu'à un état fondu ou semi-fondu.

Le flux d'air à grande vitesse (40 à 1 000 m/s) pulvérise les particules fondues sur le substrat, où elles s'accumulent pour former un revêtement d'une épaisseur de 50 μm à 12 mm.

Contrôle : Des systèmes robotisés ou automatisés contrôlent la trajectoire du pistolet de pulvérisation pour assurer l'uniformité du revêtement (écart d'épaisseur < 5 %).

2.4 Post-traitement

Objectif : optimiser la qualité de la surface du revêtement, éliminer les contraintes et améliorer les performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

étape:

Polissage/meulage : Utiliser une meule diamantée ou une pâte à polir pour réduire la rugosité de la surface à Ra 0,10,4 µm.

Traitement thermique (facultatif) : recuit à 300-600°C pour soulager les contraintes résiduelles et éviter les fissures.

Contrôle qualité : Détermination de la porosité (<115%), de la dureté (HV 8001400), de l'adhérence (>50 MPa).

3. Caractéristiques de performance du revêtement

Les revêtements de projection thermique en carbure cémenté sont principalement en WCCo, WCNi et WCCoCr et présentent d'excellentes propriétés :

performance	Valeur typique	illustrer
dureté	HV 8001400 (WCCo jusqu'à HV 12001400)	Supérieure au matériau de base (tel que l'acier HRC 2040), la résistance à l'usure est augmentée de 510 fois.
Porosité	0,515 % (HVOF < 1 %, projection à la flamme 515 %)	Une faible porosité (comme le HVOF) augmente la densité et améliore la résistance à la corrosion.
Adhésion	50100 MPa (HVOF peut atteindre 80100 MPa)	L'emboîtement principalement mécanique, la forte adhérence garantit que le revêtement ne se décolle pas.
Résistance à l'usure	Taux d'usure 0,0010,01 mm^3/ N·m (ASTM G65)	La durée de vie est 520 fois supérieure à celle du substrat non revêtu et convient aux conditions d'usure élevée.
Résistance à la corrosion	Taux de corrosion < 0,02 mm/an (test au brouillard salin neutre, pH 68)	Le revêtement WCCoCr est résistant aux acides et aux alcalis (pH 410) et convient à l'environnement marin.
Résistance à la température	400800°C (WCCoCr peut atteindre 800°C)	Convient aux conditions de travail à haute température (telles que les moteurs d'avion, les fours à acier).

4. Influence des paramètres géométriques

Les revêtements par projection thermique ont un impact significatif sur la géométrie de l'outil ou du composant (comme la rugosité de la surface, l'uniformité de l'épaisseur), et les paramètres du processus doivent être optimisés :

Paramètres géométriques	Impact de la projection thermique sur le carbure cémenté	Stratégie d'optimisation
Rugosité de surface	Le Ra initial du revêtement est de 0,55 µm, qui peut être réduit à Ra 0,10,4 µm après post-traitement.	Ajustez la distance de pulvérisation (150-200 mm), la vitesse des particules (> 400 m/s), puis polissez.
Épaisseur du revêtement	50 µm12 mm, un revêtement épais (tel que HVOF) est résistant à l'usure, un revêtement mince (tel que le plasma) convient aux pièces de précision.	Contrôlez le débit d'alimentation en poudre (2050 g/min), le nombre de couches de pulvérisation et l'écart d'uniformité est < 5 %.
Rayon du bord de	Le revêtement augmente le rayon du tranchant de 0,01 à 0,05	Projection HVOF ou plasma de couches minces (<100

coupe	mm, affectant ainsi le tranchant de la coupe.	μm) suivie d'un rodage du tranchant.
Géométrie complexe	L'uniformité du revêtement des surfaces courbes complexes (telles que les aubes de turbine) constitue un défi majeur.	La pulvérisation robotisée est adoptée pour optimiser la trajectoire du pistolet de pulvérisation et l'écart d'angle est < 2°.

5. Scénarios d'application

Les revêtements par projection thermique en carbure cémenté sont largement utilisés dans diverses industries en raison de leur dureté élevée et de leur résistance à l'usure :

industrie	Scénario d'application	Revêtement typique	Améliorations des performances
Aérospatial	Les aubes de turbine, les chambres de combustion et les revêtements du train d'atterrissage résistent à l'oxydation et à l'usure à haute température.	WCCo WCCoCr	La durée de vie est prolongée de 35 fois, la résistance à la température est de 800°C et la qualité de surface est de Ra 0,2 μm.
Acier	Revêtements pour rouleaux, matrices et buses pour résister aux températures élevées, à l'usure et à la corrosion.	WCNi WCCoCr	et La résistance à l'usure est augmentée de 510 fois et les temps d'arrêt sont réduits de 2030 %.
voiture	Revêtements de pistons de moteur, de vilebrequins et de disques de frein pour améliorer la résistance à l'usure et à la corrosion.	WCCo Cr3C2NiCr	, La durée de vie est prolongée de 24 fois et le coefficient de frottement est réduit à 0,20,4.
le mien	Revêtements pour forets, pics et outils de forage de tunnels pour résister aux chocs et à l'usure.	WCCo WCNi	et La durée de vie est de 500 à 2000 heures et l'efficacité est augmentée de 1525 %.
énergie	Tuyaux de chaudière, vannes de pompe et revêtements de turbine pour résister à la corrosion et à l'érosion à haute température.	WCCoCr NiCrBSi	, La résistance à la corrosion est augmentée de 10 fois et les coûts de maintenance sont réduits de 30 %.

6. Comparaison des avantages et des inconvénients

catégorie	avantage	défaut
Projection thermique au carbure cémenté	Dureté élevée (HV 800-1400), résistance à l'usure multipliée par 520. Résistant à la corrosion et aux températures élevées (400-800 °C). Convient à une grande variété de substrats (acier, cuivre, aluminium). Revêtement épais (50 μm-12 mm), idéal pour la réparation et le renforcement.	La porosité (0,515 %) peut affecter l'étanchéité. L'uniformité du revêtement des pièces géométriques complexes est difficile à contrôler. Les investissements en équipements (tels que HVOF, projection plasma) sont importants. Le post-traitement (tel que le polissage) augmente les coûts.

7. Tendances de développement

s'orienter	Direction technique	Résultats attendus
Nouveaux matériaux	Revêtement WCCo nanostructuré (grains < 100 nm), dureté augmentée à HV 1500, ténacité augmentée de 20 %.	La résistance à l'usure est augmentée de 30 % et la durée de vie est prolongée de 2 fois.

Amélioration des processus	Pulvérisation air-carburant à haute vitesse (HVOF), température 1900-2500°C, porosité <0,5%.	La densité du revêtement a augmenté de 20 % et le coût a été réduit de 15 %.
Intelligent	La pulvérisation robotisée + IA optimise les paramètres de pulvérisation (distance de pulvérisation, erreur de vitesse <1%) pour améliorer l'uniformité.	La cohérence de la qualité du revêtement a été améliorée de 25 % et l'efficacité de la production a augmenté de 20 %.
Technologie environnementale	La projection plasma à basse température (<500°C) réduit la consommation d'énergie ; la poudre non toxique réduit la pollution de l'environnement.	La consommation d'énergie est réduite de 20 %, répondant ainsi aux normes de fabrication verte.
Revêtement composite	Revêtement composite WCCo + céramique (tel que Al2O3, ZrO2), résistance à la température 1000°C, résistance à l'usure augmentée de 40%.	Adaptez-vous à des conditions de travail plus exigeantes et élargissez la gamme d'applications de 30 %.

Grâce à la projection à la flamme, à la projection plasma, au HVOF et à d'autres procédés, la technologie de projection thermique au carbure cémenté permet de former des revêtements de dureté élevée (HV 800-1400), résistants à l'usure (durée de vie multipliée par 520) et à la corrosion sur des matériaux tels que le WCCo et le WCNi, largement utilisés dans les secteurs de l'aérospatiale, de la sidérurgie, de l'automobile, des mines et de l'énergie. Ce procédé comprend le prétraitement du substrat, la préparation du matériau, la projection et le post-traitement. L'optimisation des paramètres géométriques (rugosité de surface Ra 0,10,4 µm, épaisseur du revêtement 50 µm-12 mm) permet d'améliorer les performances. À l'avenir, les nanomatériaux, le HVOF, les procédés basse température et les technologies intelligentes favoriseront les avancées de la projection thermique au carbure cémenté dans le domaine de la fabrication haute performance et écologique, offrant des solutions de surface plus efficaces et plus durables pour l'industrie.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

appendice:

technologie de revêtement laser au carbure cimenté et ses applications

La technologie de revêtement laser au carbure cimenté utilise un faisceau laser à haute énergie pour fondre des matériaux en carbure cimenté (tels que les alliages à base de carbure de tungstène) et les déposer à la surface du substrat afin de former un revêtement de haute dureté, résistant à l'usure et à la corrosion. Elle est largement utilisée dans l'aérospatiale, l'automobile, l'énergie, l'exploitation minière et la fabrication de moules.

technologie de revêtement et ses applications sous l'angle des principes techniques, du flux de processus, des performances du revêtement, de l'influence des paramètres géométriques, des scénarios d'application, des avantages et des inconvénients et des tendances de développement, fournissant une référence pour la sélection industrielle.

1. Principes techniques et classification des processus

Le placage laser est une technologie de modification de surface qui utilise un faisceau laser pour faire fondre de la poudre ou du fil de carbure cimenté afin de former un revêtement métallurgiquement lié à la zone de microfusion à la surface du substrat. Ce revêtement présente un faible taux de dilution (< 510 %), une densité élevée (porosité < 1 %) et d'excellentes performances. Le carbure cimenté (tel que WCCo, WCNi) est un matériau couramment utilisé pour le placage laser en raison de sa dureté et de sa résistance à l'usure élevées. La classification des procédés comprend :

Type de processus	principe	Type de laser	Méthode d'alimentation	Caractéristiques
Alimentation synchrone de poudre	Le faisceau laser fait fondre la poudre alimentée de manière synchrone, formant un bain de fusion avec la surface du substrat, qui refroidit rapidement pour former un revêtement.	CO2, laser fibre, laser à semi-conducteur	Alimentation en poudre par flux d'air ou mécanique	Haut degré d'automatisation, aucune porosité, adapté aux géométries complexes.
Revêtement en poudre pré-réglé	La poudre est appliquée au préalable sur le substrat, puis le faisceau laser la balaie et la fait fondre pour former un revêtement.	Nd:YAG, laser à fibre	Couche de poudre pré-réglée	Le processus est simple, mais l'uniformité du revêtement est légèrement médiocre.
Revêtement laser à très haute vitesse (EHLA)	Vitesse de balayage ultra-élevée (> 20 m/min), préchauffage de la poudre dans le flux d'air et dépôt rapide de revêtements minces.	Laser à semi-conducteur	Alimentation en poudre par flux d'air à grande vitesse	Le revêtement est fin (20100 μm) et très efficace.
Revêtement de fil	Le faisceau laser fait fondre le fil de carbure et le lie à la surface du substrat.	Laser à fibre, laser à disque	Alimentation du fil	Taux d'utilisation élevé des matériaux, adapté au

2. Procédé de revêtement laser au carbure cémenté

Le procédé de revêtement laser comprend plusieurs étapes pour garantir la qualité et les performances du revêtement. Voici un exemple typique :

2.1 Prétraitement du substrat

Objectif : Nettoyer et rendre rugueuse la surface du substrat et améliorer l'adhérence du revêtement.
étape:

Nettoyage : Nettoyage par ultrasons avec de l'éthanol ou de l'acétone pendant 5 à 15 minutes pour éliminer l'huile et les oxydes.

Sablage : Sablage au sable d'oxyde d'aluminium, rugosité de surface Ra 25 µm, pour améliorer l'ajustement mécanique.

Nettoyage au laser (en option) : Élimine les impuretés microscopiques et réduit la porosité à l'aide de lasers pulsés.

2.2 Préparation du matériau de pulvérisation

Matériau : Poudre de carbure cémenté (tel que WCCo, WCCoCr, WCNi), granulométrie 1050 µm, teneur en WC 7090 % en poids.

traiter avec:

Tamissage : S'assurer que la granulométrie de la poudre est uniforme et présente une bonne fluidité (débit 2040 g/s).

Séchage : Sécher à 120-150°C pendant 2 heures pour éliminer l'humidité et éviter les défauts de pulvérisation.

2.3 Procédé de revêtement laser

Configuration de l'appareil

Laser : laser CO2 (110 kW), laser à fibre (120 kW) ou laser à semi-conducteur (210 kW).

Paramètres : puissance laser 15 kW, vitesse de balayage 0,53,5 m/min, débit d'alimentation en poudre 1050 g/min, distance de pulvérisation 1020 mm.

Atmosphère : Protection à l'argon ou à l'azote pour éviter l'oxydation.

Revêtement

Le faisceau laser forme un bain de fusion (température de 10 000 à 20 000 °C) dans lequel la poudre ou du fil est introduit simultanément.

Le bain de fusion est refroidi rapidement (10^5 à 10^6 K/s) pour former un revêtement de liaison

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

métallurgique d'une épaisseur de 0,022 mm.

Un système automatisé (par exemple, un robot à six axes) contrôle la trajectoire du laser avec un écart d'uniformité < 3 %.

Optimisation du processus : ajuster la puissance du laser, la vitesse de balayage et le taux d'alimentation en poudre pour contrôler le taux de dilution (<10%) et la porosité (<1%).

2.4 Post-traitement

Objectif : Optimiser la qualité de surface du revêtement et éliminer les contraintes.

étape:

Polissage/meulage : Utiliser une meule diamantée pour réduire la rugosité de la surface à Ra 0,050,2 μm.

Traitement thermique (facultatif) : recuit à 400-600°C pour soulager les contraintes résiduelles et éviter les fissures.

Contrôle qualité : contrôle microscopique de la porosité, test de rayure pour l'adhérence (>50 MPa), test de dureté (HV 8001400).

3. Caractéristiques de performance du revêtement

Les revêtements de revêtement laser en carbure cémenté sont principalement du WCCo et du WCNi, avec d'excellentes propriétés :

performance	Valeur typique	illustrer
dureté	HV 8001400 (WCCo jusqu'à HV 12001400)	Supérieure au matériau de base (tel que l'acier HRC 2040), la résistance à l'usure est augmentée de 515 fois.
Porosité	<1% (EHLA peut atteindre 0,30,5%)	La faible porosité améliore la densité du revêtement et la résistance à la corrosion.
Adhésion	50100 MPa (liaison métallurgique)	Il est supérieur à la projection thermique (liaison mécanique) et possède de fortes performances anti-décapage.
Résistance à l'usure	Taux d'usure 0,0010,005 mm^3/ N·m (ASTM G65)	La durée de vie est 515 fois supérieure à celle du substrat et convient aux conditions d'usure élevée.
Résistance à la corrosion	Taux de corrosion < 0,01 mm/an (test au brouillard salin neutre, pH 68)	Le revêtement WCCoCr est résistant aux acides et aux alcalis (pH 410) et convient à l'environnement marin.
Résistance à la température	500900°C (WCCoCr peut atteindre 900°C)	Convient aux conditions de travail à haute température (telles que les moteurs d'avion, les moules).

4. Influence des paramètres géométriques

Le revêtement par placage laser a un impact significatif sur les paramètres géométriques des outils ou des composants (tels que la rugosité de surface et l'épaisseur du revêtement), et les paramètres du processus doivent être optimisés :

Paramètres géométriques	Impact du revêtement laser	Stratégie d'optimisation
Rugosité de surface	Le Ra initial est de 0,52 µm, qui peut être réduit à Ra 0,050,2 µm après post-traitement.	Augmentez la vitesse de numérisation (>1,5 m/min), optimisez la puissance du laser (<3 kW), puis polissez.
Épaisseur du revêtement	0,022 mm, le revêtement mince (EHLA) convient aux pièces de précision, le revêtement épais convient aux pièces résistantes à l'usure.	Contrôlez le débit d'alimentation en poudre (1030 g/min), le nombre de couches et l'écart d'épaisseur < 3 %.
Rayon du bord de coupe	Le revêtement augmente le rayon du tranchant de 0,005 à 0,03 mm, affectant ainsi le tranchant de la coupe.	Utiliser un revêtement EHLA ou en couche mince (<50 µm) puis affûter le tranchant.
Géométrie complexe	L'uniformité du revêtement des surfaces courbes complexes (telles que les aubes de turbine) constitue un défi majeur.	En utilisant une alimentation coaxiale en poudre et une trajectoire de contrôle robotisée, l'écart d'angle est <1°.

5. Scénarios d'application

Les revêtements de revêtement laser en carbure cémenté sont largement utilisés dans de nombreuses industries en raison de leurs hautes performances :

industrie	Scénario d'application	Revêtement typique	Améliorations des performances
Aérospatial	Réparation des aubes de turbine, des chambres de combustion et du train d'atterrissage pour résister à l'usure à haute température et à la corrosion.	WCCo WCCoCr	La durée de vie est prolongée de 36 fois, la résistance à la température est de 900°C et la qualité de surface est de Ra 0,1 µm.
voiture	Les revêtements pour disques de frein, vilebrequins et moules réduisent l'usure et les émissions de poussières fines.	WCCo WCNi	La résistance à l'usure est augmentée de 510 fois et les émissions de poussières fines sont réduites de 3050 %.
énergie	Revêtements pour tuyaux de chaudières, pompes et vannes, et outils de forage pour résister à l'érosion et à la corrosion.	WCCoCr NiCrBSi	La résistance à la corrosion est augmentée de 10 fois et les coûts de maintenance sont réduits de 20 à 30 %.
le mien	Revêtements pour forets, pics et outils de forage de tunnels pour résister aux chocs et à l'usure.	WCCo WCNi	Durée de vie de 500 à 2000 heures, efficacité augmentée de 20 %.
Fabrication de moules	La surface des moules d'emboutissage et des moules d'injection est renforcée pour prolonger leur durée de vie.	WCCo, Stellite 6	La durée de vie du moule est prolongée de 25 fois et la dureté de surface est HV 10001200.

Exemples :

Revêtement de disque de frein : Le revêtement WCCo est produit par le procédé EHLA avec une épaisseur de 50 à 100 µm, ce qui réduit les émissions de poussières fines de 40 % et augmente la résistance à l'usure de 5 fois, ce qui le rend meilleur que le chromage traditionnel (Web ID 3).

Réparation d'aubes de turbine : revêtement WCCoCr, dureté HV 1200, résistance à la température

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

900°C, durée de vie prolongée de 3 fois, coûts de réparation réduits de 50% (Web ID 4, 5).

6. Comparaison des avantages et des inconvénients

catégorie	avantage	défaut
Revêtement laser au carbure	Dureté élevée (HV 800-1400), résistance à l'usure multipliée par 515.	Le coût de l'équipement est élevé (l'investissement laser est de 100,5 millions de yuans).
	Liaison métallurgique, forte adhérence (50-100 MPa).	Une grande précision de fonctionnement est requise et des professionnels sont nécessaires. L'épaisseur du revêtement est
	Faible taux de dilution (< 10 %), les propriétés de la matrice restent inchangées. Convient aux géométries complexes et aux réparations, avec un haut degré d'automatisation.	limitée (< 2 mm), ce qui ne convient pas aux revêtements ultra-épais. Des microfissures peuvent apparaître et les paramètres doivent être optimisés.

7. Tendances de développement

s'orienter	Direction technique	Résultats attendus
Nouveaux matériaux	Revêtement Nano WCCo (grains <50 nm), dureté HV 1500, ténacité augmentée de 30%.	La résistance à l'usure est augmentée de 40 % et la durée de vie est prolongée de 2 fois.
Amélioration des processus	Procédé EHLA, vitesse de balayage 50100 m/min, épaisseur de revêtement 20100 µm.	Efficacité augmentée de 50 % et coût réduit de 20 %.
Intelligent	L'IA optimise les paramètres de revêtement (erreurs de puissance et de vitesse < 1 %) et surveille la dynamique du bain de fusion en temps réel.	La cohérence de la qualité du revêtement est améliorée de 30 % et le taux de défauts est réduit de 50 %.
Technologie environnementale	Laser vert (consommation d'énergie réduite de 20 %), poudre non toxique, émissions d'échappement réduites.	Conformez-vous aux normes de fabrication verte et réduisez la pollution environnementale de 30 %.
Revêtement composite	Alliage WCCo + haute entropie (CoCrFeMnNi), résistance à la température 1000°C, résistance à la corrosion augmentée de 50%.	Adaptez-vous aux conditions de travail extrêmes et élargissez la gamme d'applications de 40 %.

8. Conclusion

La technologie de revêtement laser au carbure cimenté utilise l'alimentation synchrone de poudre, la poudre pré-moulée, l'EHLA et d'autres procédés pour former des revêtements de dureté élevée (HV 800-1400), résistants à l'usure (durée de vie multipliée par 515) et à la corrosion sur des matériaux tels que le WCCo et le WCNi. Elle est largement utilisée dans l'aérospatiale, l'automobile, l'énergie, l'exploitation minière et la fabrication de moules. Ce procédé comprend le prétraitement du substrat, la préparation du matériau, le revêtement et le post-traitement. L'optimisation des paramètres géométriques (rugosité de surface Ra 0,05 à 0,2 µm et épaisseur 0,022 mm) permet d'améliorer les performances. Comparé à la projection thermique, le revêtement laser présente les avantages d'une liaison métallurgique, d'un faible taux de dilution et d'un contrôle précis, mais son coût d'équipement est plus élevé. À l'avenir, les nanomatériaux, l'EHLA, l'intelligence artificielle et

les technologies vertes favoriseront les avancées du revêtement laser au carbure cémenté dans le domaine de la fabrication haute performance et respectueuse de l'environnement, offrant ainsi des solutions de surface efficaces et fiables à l'industrie.



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

appendice:



Que sont les dents à billes en carbure ?

Les dents sphériques en carbure cimenté sont des composants hautes performances et résistants à l'usure, dont le noyau est en carbure de tungstène (WC). Fabriquées par des procédés avancés de métallurgie des poudres, elles sont conçues pour les environnements industriels soumis à une forte usure, aux chocs et à la corrosion. Grâce à leur excellente dureté, leur résistance à l'usure, aux températures élevées et à la corrosion, les dents sphériques en carbure cimenté sont largement utilisées dans les secteurs de l'exploitation minière, du creusement de tunnels, de la construction, de l'exploration énergétique, de la construction routière et d'autres domaines. Elles résistent efficacement à l'usure par abrasion et aux chocs dans des conditions de travail extrêmes, prolongent considérablement la durée de vie des équipements et réduisent la fréquence de maintenance. Cet article présente en détail les performances et l'intérêt des dents sphériques en carbure cimenté : propriétés des matériaux, types et indicateurs techniques, procédés de fabrication, utilisations et scénarios d'application, avantages du produit, défis techniques et pistes d'amélioration.

1. Composition du matériau et caractéristiques des dents sphériques en carbure cimenté

1.1 Composition du matériau des engrenages à billes en carbure

La formulation des dents en carbure est précisément conçue pour atteindre l'équilibre optimal entre dureté, ténacité et résistance à la corrosion :

Phase difficile

Le carbure de tungstène (WC, 80-95 %) offre une dureté et une résistance à l'usure extrêmement élevées. Certaines formules sont dopées au carbure de titane (TiC, 15 %) ou au carbure de tantale (TaC, 0,5-2 %) pour améliorer la stabilité à haute température et la résistance à l'oxydation.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Phase adhésive

Le cobalt (Co, 5 - 15 %) améliore la ténacité et la résistance aux chocs ; le nickel (Ni, 5 - 10 %) est utilisé dans des formulations résistantes à la corrosion adaptées aux environnements acides ou humides.

additif

Des traces de chrome (Cr, 0,1 à 1 %), de vanadium (V, 0,05 à 0,5 %) et 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 engrenages à billes en carbure cémenté

Les performances des dents en carbure proviennent de leur microstructure optimisée et de la formulation de leur matériau :

dureté

L'acier HRA 86 - 92 (HV 1200 - 1700), bien supérieur à l'acier à haute teneur en manganèse (HRC 20 - 50) ou à la fonte à haute teneur en chrome (HRC 50 - 60), est adapté pour résister à une usure abrasive élevée.

Ténacité à la rupture

6,5 - 10 MPa·m^{1/2}, mieux que le carbure cémenté ordinaire (57 MPa·m^{1/2}), et la résistance à la fracture par impact est améliorée de 30 %.

Résistance à l'usure

Le taux d'usure est de 0,01 à 0,02 mm³/N·m (ASTM G65), ce qui est 1,52 fois inférieur à celui de la fonte à haute teneur en chrome et la durée de vie est prolongée de 310 fois.

Résistance à la compression

4000 - 6000 MPa, résistant aux charges de choc élevées (jusqu'à 5000 N).

densité

13,8 - 15,2 g/cm³, poids moyen, adapté à l'incrustation ou au brasage.

Résistance à la corrosion

Dans un environnement neutre ou légèrement acide (pH 49), la vitesse de corrosion est < 0,07 mm/an ; les formulations ou revêtements à base de nickel peuvent résister à un pH 210 avec une vitesse de corrosion < 0,05 mm/an.

Résistance à la température

La température de fonctionnement varie de 20 °C à 800 °C et la formule du revêtement peut résister

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à des températures instantanées de 1 000 °C, ce qui la rend adaptée aux scénarios d'usure à haute température.

1.3 Avantages de la microstructure des dents sphériques en carbure cimenté

Les dents à billes en carbure adoptent une structure à grain fin (0,52 micron) ou à grain ultra-fin (0,20,5 micron), ce qui apporte les avantages suivants :

Dureté et résistance élevées : les petits grains augmentent la densité des limites de grains, suivent l'effet Hall-Petch et améliorent la résistance à l'usure.

Excellente ténacité : le raffinement du grain disperse les contraintes, réduit le risque de propagation des fissures et améliore la résistance aux chocs de 20 à 30 %.

Résistance à l'usure et stabilité : réduit l'usure, maintient l'intégrité de la surface et prolonge la durée de vie.

2. Types et indicateurs techniques des dents sphériques en carbure cimenté

Il existe de nombreux types de dents en carbure cimenté, couvrant une variété de formes géométriques et d'utilisations. Vous trouverez ci-dessous une classification complète, des indicateurs techniques et un tableau d'application (normes ISO de référence, spécifications ASTM et données du fabricant).

2.1 Types et utilisations des dents sphériques en carbure cimenté

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
Dents sphériques	Conception sphérique standard avec grande surface de contact, adaptée aux conditions d'usure élevée.	Les têtes de forage à tête fraisée (têtes de coupe à bouclier), les appareils de forage rotatifs (fondations sur pieux) et les machines d'extraction du charbon (coupeuses) sont utilisés pour excaver des roches, des veines de charbon et du gravier.	Diamètre 830 mm, hauteur 1040 mm, HRA 8689, durée de vie 2000-6000 heures.
Dents coniques	Pointe conique, fort pouvoir de pénétration, adaptée au concassage de roches dures.	Foreuses à roche (forage de roche dure), tunneliers (strates dures), foreuses rotatives (fondations sur pieux de strates rocheuses), utilisées pour l'excavation du granit et du basalte.	Diamètre 625 mm, hauteur 1550 mm, HRA 8992, durée de vie 1000-4000 heures.
Dents en forme de coin	Bord de coupe en forme de coin pour des conditions d'impact et de cisaillement élevées.	Machine d'extraction de charbon (coupe de veine de charbon), machine de forage de tunnel (roche tendre), fraiseuse routière (couche d'asphalte), utilisée pour le fraisage de veine de charbon, de roche tendre et d'asphalte.	Diamètre 1030 mm, hauteur 1540 mm, HRA 8689, durée de vie 15005000 heures.
Dents plates	Conception à dessus plat, forte résistance à l'usure, adaptée à un environnement d'usure continue.	Foreuses à attaque ponctuelle (couches d'argile, de sable), foreuses rotatives (fondations sur pieux de sol meuble), machines d'extraction de charbon (couches de charbon minces), utilisées pour l'excavation dans l'argile, le gravier et le sol meuble.	Diamètre 1035 mm, hauteur 1035 mm, HRA 8689, durée de vie 2000-6000 heures.

Dents cylindriques	La structure cylindrique équilibre la résistance à l'usure et la ténacité et convient aux formations moyennement dures.	Des foreuses à têtes coupantes (roches moyennement dures), des appareils de forage rotatifs (strates mixtes) et des machines d'extraction de charbon (filons de charbon moyens) sont utilisés pour l'excavation du grès et du schiste.	Diamètre 825 mm, hauteur 1540 mm, HRA 8790, durée de vie 2000-5000 heures.
Dents de champignon	Dessus hémisphérique, forte résistance aux chocs, adapté aux impacts à haute fréquence.	Foreuses à roche (impact sur roche dure), tunneliers (zone de faille), machines d'extraction de charbon (gangue dure), utilisées pour l'excavation de roches dures et de veines de charbon à gangue.	Diamètre 620 mm, hauteur 1535 mm, HRA 8992, durée de vie 1000-4000 heures.
Dents sphériques pour pic	Spécialement conçu pour les dents de pic afin d'optimiser l'efficacité de coupe et la résistance à l'usure.	Les machines d'extraction du charbon (exploitation minière complète du charbon), les haveuses (couches mixtes charbon-roche) et les excavatrices d'ancrage (excavation de tunnels) sont utilisées pour l'excavation des veines de charbon et des strates mixtes charbon-roche.	Diamètre 1030 mm, hauteur 1540 mm, HRA 8689, durée de vie 2000-6000 heures.
Dents de creusement rotatives	Spécialement conçu pour les plates-formes de forage rotatives, adapté à une variété de formations.	Foreuses rotatives (construction de fondations sur pieux), ingénierie des fondations (ponts, métros), utilisées pour la construction de fondations sur pieux dans l'argile, le gravier, la roche tendre et la roche dure.	Diamètre 1035 mm, hauteur 2050 mm, HRA 8790, durée de vie 1500-5000 heures.
Dents de fraisage	Optimise l'efficacité du fraisage et convient à la réparation des routes.	Fraiseuses routières (asphalte, chaussées en béton), recycleuses à froid (rénovation de chaussées), utilisées pour le fraisage d'asphalte et de béton.	Diamètre 825 mm, hauteur 1535 mm, HRA 8689, durée de vie 1000-4000 heures.
Dents de forage fond de trou	Conception à haute résistance, adaptée au perçage par impact de trous profonds.	Forage fond de trou (dynamitage de mine), exploration géologique (échantillonnage de carottes), construction de tunnels (roche dure), utilisé pour le forage dans le granit et le basalte.	Diamètre 620 mm, hauteur 1540 mm, HRA 8992, durée de vie 1000-3000 heures.
Dents de forage coniques	Conçu spécifiquement pour les forets rotatifs afin de résister aux chocs et à l'abrasion extrêmes.	Forage pétrolier (forage de puits profonds), exploration de gaz naturel (formation dure), exploitation minière (roche dure), utilisé pour le forage de roche dure et de schiste.	Diamètre 825 mm, hauteur 1035 mm, HRA 8992, durée de vie 1000-4000 heures.
Dents de coupe de bouclier	Spécialement conçu pour les machines à bouclier, adapté aux strates complexes.	Les machines à bouclier (métros, tunnels) et les machines à attaque ponctuelle (projets souterrains urbains) sont utilisées pour le creusement de tunnels dans l'argile, le gravier, la roche tendre et la roche dure.	Diamètre 1030 mm, hauteur 1540 mm, HRA 8790, durée de vie 2000-6000 heures.

2.2 Indicateurs techniques des engrenages à billes en carbure cémenté

taille

Diamètre : 6 - 35 mm (8 - 30 mm est courant).

Hauteur : 10 - 50 mm (15 - 40 mm est courant).

Tolérance : $\pm 0,05$ mm (usinage de haute précision).

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

poids

Pièce unique 0,05 - 0,5 kg, adaptée à l'incrustation ou au brasage.

Rugosité de surface :

Ra 0,4 - 1,2 μm , réduit l'adhérence et la friction du matériau.

Degré de dureté :

Norme : HRA 86 - 89 (creusement de tunnels généraux, exploitation minière du charbon).

Dureté élevée : HRA 89 - 92 (roche dure, forage pétrolier).

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 5 - 10 %, résistant aux environnements acides et alcalins.

WCTiCTaC (type haute température) : résistance à la température 800 - 1000°C.

Fréquence d'impact :

50 - 150 Hz (forage de roche, forage fond de trou).

10 - 50 Hz (creusement de tunnels, mines de charbon).

Méthode d'installation :

Brasage : Brasage à haute température (900 - 1100°C), force d'adhérence >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 0,20,8 μm , résistance à la fatigue renforcée.

revêtement:

TiN : Dureté HV 2000 - 2500, résistance à l'usure augmentée de 2 fois.

TiAlN : Résistant à la température jusqu'à 900°C, adapté à l'excavation à haute température.

AlCrSi / TiN : résistance à la température 1000°C, durée de vie prolongée 3 fois.

DLC : Coefficient de frottement 0,10,2, adapté aux formations de gravier.

Paramètres de fonctionnement :

Pression de travail : 10 - 100 MPa (excavation, forage).

Vitesse de rotation : 50 - 300 tr/min (machines à attaque ponctuelle, foreuses rotatives).

Énergie d'impact : 100 - 500 J (forage de roche, forage fond de trou).

Conformité aux normes :

Système de gestion de la qualité ISO 9001.

ASTM B771 (test d'usure), ISO 3878 (test de dureté).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. Processus de fabrication

L'engrenage à billes en carbure est fabriqué à l'aide d'une technologie avancée de métallurgie des poudres pour garantir que les propriétés du matériau, la précision géométrique et la qualité de surface répondent aux normes les plus élevées.

3.1 Préparation des matières premières

Du carbure de tungstène de haute pureté (WC, pureté > 99,95 %), du cobalt (Co, pureté > 99,9 %) et des additifs (tels que TiC, TaC, Cr) sont sélectionnés. La poudre est mélangée par broyage humide (alcool ou eau déionisée, broyage à boulets pendant 2472 heures), et la granulométrie moyenne est contrôlée à 0,21 micron. Du VC ou du Cr₃C₂ (0,1 à 0,5 %) est ajouté comme inhibiteur de grains pour empêcher la croissance des grains lors du frittage à haute température.

3.2 Formation

Séchage par atomisation : préparer des particules fluides et améliorer l'uniformité et la résistance des corps verts.

Pressage isostatique à froid (CIP) : La poudre est pressée dans un corps vert à 200 - 400 MPa avec une densité de 50 à 60 % de la valeur théorique.

Moulage de précision : Des moules de haute précision (tolérance $\pm 0,1$ mm) sont utilisés pour former des formes sphériques, coniques ou autres formes géométriques.

3.3 Frittage

Pré-frittage

900 - 1100°C, élimination des additifs organiques.

Pressage isostatique à chaud (HIP)

1350 - 1500°C, 100 - 200 MPa, atmosphère d'argon, frittage pendant 24 heures, densité 99,8 - 100%.

Contrôle du refroidissement

Refroidissement progressif (1020°C/min) pour éviter les microfissures dues aux contraintes thermiques.

3.4 Post-traitement

Rectification de précision

Utilisez une meule diamantée ou un outil CBN pour traiter avec une tolérance de $\pm 0,05$ mm et une rugosité de surface Ra 0,4 à 1,2 μ m.

Renforcement de surface

Le sablage, le polissage ou le revêtement (TiN, TiAlN, AlCrSi / TiN, DLC) améliorent la résistance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à l'usure et à la chaleur.

Contrôle de la qualité

Test de dureté : HRA/HV, erreur $\pm 0,5$.

Analyse microstructurale : La microscopie électronique à balayage (MEB) a été utilisée pour examiner la taille des grains ($0,22 \mu\text{m}$).

Mesure dimensionnelle : instrument de mesure tridimensionnel, précision $\pm 0,005 \text{ mm}$.

Contrôle non destructif : Contrôle par ultrasons pour vérifier les défauts internes.

4. Objectif et scénarios d'application

en carbure sont largement utilisées 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

Pics pour tunneliers en carbure

Utilisé pour les têtes de coupe des tunneliers, le forage du grès, du schiste et du granit, avec une durée de vie de 2000 à 6000 heures et une période de maintenance de 1224 mois, et est utilisé dans les mines à ciel ouvert et souterraines.

Pioches pour machines d'extraction de charbon en carbure

Utilisé pour l'extraction complète du charbon, la coupe des veines de charbon et de la gangue, avec une durée de vie de 2000 à 6000 heures, adapté à l'exploitation minière à longue paroi et à l'exploitation minière à veines de charbon minces.

Forage de roche au carbure et forage fond de trou

Utilisé dans les foreuses à roche et les foreuses fond de trou pour le forage de roches dures et de basalte, avec une durée de vie de 1 000 à 4 000 heures, et est utilisé dans le dynamitage des mines et l'exploration géologique.

Forets à rouleaux en carbure

Utilisé pour le forage de pétrole et de gaz, le forage de roches dures et de schiste, avec une durée de vie de 1000 à 4000 heures, adapté au forage de puits profonds.

4.2 Ingénierie des tunnels et des fondations

Machine de découpe de bouclier en carbure

Utilisé pour l'excavation de mètres et de tunnels, la découpe d'argile, de gravier, de roches tendres et de roches dures, avec une durée de vie de 2000 à 6000 heures, et est utilisé dans les projets souterrains urbains.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Dents sphériques de fondation de pieux de foreuse rotative en carbure

Utilisé pour la construction de fondations sur pieux de ponts et de métros, l'excavation de formations d'argile, de gravier et de roche, avec une durée de vie de 1500 à 5000 heures, adapté aux formations complexes.

Dents sphériques de forage de tunnel en carbure

Utilisé pour les voies de mines de charbon, l'excavation de tunnels, la découpe de couches mixtes de charbon et de roche, avec une durée de vie de 2000 à 5000 heures.

4.3 Construction de bâtiments et de routes

Fraiseuse routière

Utilisé pour le fraisage des chaussées en asphalte et en béton, avec une durée de vie de 1 000 à 4 000 heures, et est utilisé dans la réparation des pistes d'autoroutes et d'aéroports.

Machine de recyclage à froid

Utilisé pour la rénovation des routes et la découpe des anciens matériaux routiers, avec une durée de vie de 1 500 à 4 000 heures, adapté à l'entretien des routes.

Concassage du béton

Utilisé pour le démantèlement des structures en béton armé, avec une durée de vie de 1000 à 3000 heures, et est appliqué à la démolition de bâtiments.

4.4 Exploration énergétique et géologique

Forage pétrolier et gazier

Utilisé pour les forêts à rouleaux, le forage de roches dures et de schiste, avec une durée de vie de 1 000 à 4 000 heures, et est utilisé dans les puits profonds et les puits horizontaux.

Exploration géologique

Utilisé pour l'échantillonnage de carottes, le forage du granit et du basalte, avec une durée de vie de 1 000 à 3 000 heures, adapté à l'exploration minière.

Forage géothermique

Utilisé pour le forage de puits géothermiques et la découpe de formations à haute température, avec une durée de vie de 1000 à 4000 heures et une résistance à la température de 800°C.

4.5 Autres fins spéciales

Ingénierie portuaire et maritime

Utilisé dans les équipements de dragage pour couper le gravier et l'argile du fond marin, avec une durée de vie de 2000 à 5000 heures, résistant à la corrosion de l'eau de mer (pH 68) et appliqué au

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

dragage des voies navigables.

Sylviculture et agriculture

Utilisé dans les broyeurs à bois, les équipements de travail du sol, la coupe de bois dur, le gravier, durée de vie de 1500 à 4000 heures, adapté à l'abattage forestier, à la remise en état des terres.

Construction ferroviaire

Utilisé dans le concasseur de ballast pour couper le ballast et la roche, avec une durée de vie de 2000 à 5000 heures, et est utilisé dans la construction de chemins de fer à grande vitesse.

5. Avantages du produit

Les dents en carbure prennent la tête du marché des composants résistants à l'usure grâce à leurs excellentes performances :

Durée de vie ultra longue

La résistance à l'usure et la dureté prolongent la durée de vie de 310 fois et réduisent le coût par utilisation de 3060 %.

Coupe efficace

Prend en charge des impacts élevés (100 - 500 J) et des vitesses de rotation élevées (50 - 300 tr/min), augmentant l'efficacité de creusement de 2050 %.

Haute fiabilité

Résistance à la compression de 4 000 à 6 000 MPa, résiste aux chocs et à l'usure extrêmes, réduit les temps d'arrêt des équipements.

Personnalisation flexible

Une variété de types (sphériques, coniques, en forme de coin, etc.), de tailles (diamètre 635 mm) et de revêtements (TiN, TiAlN) pour s'adapter à différentes conditions de travail.

Adaptabilité environnementale

Résistance aux hautes températures (800 - 1000°C), résistance à la corrosion (pH 210), adaptable aux roches dures, à l'argile et aux environnements humides.

Fabrication verte

La durabilité élevée réduit le remplacement des pièces et le gaspillage, répondant ainsi aux objectifs de développement durable.

6. Défis techniques et axes d'amélioration

6.1 Défis techniques

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Difficulté de traitement

Le carbure cémenté présente une dureté élevée (HRA 8692), ce qui impose des exigences très élevées aux équipements et outils d'usinage. Les meules diamantées ou les outils CBN s'usent rapidement et la précision d'usinage est difficile à stabiliser (tolérance $< \pm 0,05$ mm).

Risque de fragilité

Les matériaux à haute dureté peuvent produire des microfissures ou des ruptures sous l'effet d'un impact important (> 500 J) ou d'une installation incorrecte, ce qui affectera leur durée de vie.

Problèmes de gestion thermique

Le creusement de tunnels à haute température (> 800 °C) peut entraîner un ramollissement de la phase liante ou un écaillage du revêtement, en particulier dans les formations rocheuses dures.

Adaptabilité aux formations complexes

Les formations mixtes (argile, roche dure, gravier) imposent des exigences élevées à la géométrie et aux matériaux des dents de la boule et sont sujettes à une usure ou à une rupture rapide.

Limitations des conditions de travail extrêmes

Sous des températures ultra-élevées (> 1000 °C) ou dans un environnement fortement acide (pH < 2), les performances des revêtements et des phases de liaison traditionnels se détériorent et la durée de vie est réduite de 50 à 70 %.

6.2 Orientation vers l'amélioration technique

Technologie de traitement avancée

Développer le micro-usinage laser et l'usinage par électro-étincelle, avec une précision de $\pm 0,03$ mm, une réduction de 30 % de l'usure des outils et adaptés aux géométries complexes (telles que les dents coniques et en forme de coin).

Conception renforcée en termes de robustesse

En adoptant une structure à gradient (dureté de surface élevée HRA 90 - 92, ténacité interne élevée, ténacité à la rupture $> 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) ou une phase de liaison composite CoNi, la résistance aux chocs est améliorée de 20 à 30 % et le risque de fissuration est réduit.

Gestion thermique efficace

Développer des revêtements adaptatifs (tels que TiAlN / AlCrSi, résistance à la température 1100°C , épaisseur $25 \mu\text{m}$) pour réduire le ramollissement thermique ; optimiser la conception de dissipation thermique du corps de l'engrenage pour réduire la température de fonctionnement de 100 à 150°C .

Optimisation de la formation complexe

Concevoir une géométrie multifonctionnelle (comme des dents composites à boule-cône, angle de coupe optimisé à 15° à 30°) pour améliorer l'adaptabilité de la commutation entre le gravier et la roche

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

dure ; développer des dents incrustées de PCD (diamant polycristallin), avec une dureté augmentée à HV 8000 et une durée de vie prolongée de 20 fois.

Adaptation aux conditions de travail extrêmes

Rechercher et développer des revêtements nano multicouches (tels que AlCrSi / TiN, dureté HV 3500) ou des matériaux composites à base de céramique (WCSiC), avec une résistance à la température augmentée à 1200°C et un taux de corrosion aux acides forts (pH 12) <0,03 mm/an.

Conception intelligente

L'IA est utilisée pour simuler la force d'impact (erreur < 5 %) et le comportement d'usure, optimiser la forme des dents (erreur de rayon sphérique < 0,05 mm) et l'angle d'installation (écart < 1°) et améliorer la stabilité de coupe ; des dents à billes autodiagnostiques sont développées pour surveiller l'usure et la température en temps réel, prolongeant la durée de vie de 10 à 20 %.

7. Conclusion

Les dents sphériques en carbure sont devenues des composants clés résistants à l'usure dans les secteurs de l'exploitation minière, du creusement de tunnels, de la construction, de l'exploration énergétique, de la construction routière et d'autres domaines, grâce à leur dureté élevée (HRA 8692), leur excellente ténacité ($6\,510\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) et leur durée de vie ultra-longue (1 000 à 6 000 heures). Leur grande variété (dents sphériques, coniques, en coin, rotatives, etc.) et leurs spécifications précises (diamètre 635 mm, tolérance $\pm 0,05\text{ mm}$) répondent à des besoins variés, de l'excavation de sols meubles au forage de roches dures. Les indicateurs techniques montrent une durée de vie 310 fois supérieure à celle des matériaux traditionnels, une efficacité de coupe accrue de 2 050 % et une résistance aux chocs et à l'usure extrêmes. Grâce à des procédés avancés de métallurgie des poudres et à des technologies de revêtement (comme TiAlN, DLC), les dents sphériques sont performantes dans des environnements difficiles tels que les températures élevées (800 à 1 000 °C) et la corrosion (pH 210). À l'avenir, grâce au traitement laser, à l'incrustation PCD, au nano-revêtement, à l'optimisation de l'IA et à la conception intelligente, les engrenages à billes en carbure amélioreront encore les performances, élargiront les scénarios d'application et fourniront un soutien solide au développement efficace, fiable et durable de l'industrie mondiale.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



1

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

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
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

appendice:



Détails de la fraise à pic en carbure

Les pics en carbure sont des outils de coupe haute performance largement utilisés dans les secteurs de l'exploitation minière, du creusement de tunnels, de la construction routière, de l'extraction du charbon et de l'exploration géologique. Fabriqués à partir de carbure de tungstène (WC) et d'autres carbures cimentés, ils sont fabriqués selon une technologie de fabrication de précision. Ils présentent une dureté ultra-élevée, une excellente résistance à l'usure et aux chocs, et permettent de couper efficacement des matériaux durs tels que la roche, les veines de charbon et le béton. Grâce à leur longue durée de vie et à leur rendement élevé, les pics en carbure cimenté améliorent considérablement l'efficacité opérationnelle des équipements de creusement de tunnels et des machines minières, tout en réduisant les coûts de maintenance. Voici une présentation complète des pics en carbure cimenté : propriétés des matériaux, spécifications de base, procédés de fabrication, utilisations et scénarios d'application, avantages, défis et solutions, et développements futurs.

1. Composition et caractéristiques du matériau

1.1 Composition

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

La formulation du matériau des pics en carbure est optimisée pour équilibrer la dureté, la ténacité et la résistance à la corrosion :

Phase difficile

Le carbure de tungstène (WC, 80-95 %) offre une excellente dureté et une excellente résistance à l'usure. Certaines formules ajoutent du carbure de titane (TiC, 15 %) ou du carbure de tantale (TaC, 0,5-2 %) pour améliorer la stabilité à haute température et la résistance à l'oxydation.

Phase adhésive

Le cobalt (Co, 5 à 15 %) est le principal liant, améliorant la ténacité et la résistance aux chocs. Le nickel (Ni, 5 à 10 %) est utilisé dans des formulations spécifiques pour améliorer la résistance à la corrosion et convient aux environnements humides ou acides.

additif

Des traces de chrome (Cr, 0,1 - 1 %), de vanadium (V, 0,05 - 0,5 %) ou de molybdène (Mo, 0,1 - 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

Les performances des pics en carbure cimenté sont dues à leur microstructure optimisée :

dureté

L'acier HRA 8591 (HV 1100 - 1600), bien supérieur à l'acier à haute teneur en manganèse (HRC 20 - 50) ou à la fonte à haute teneur en chrome (HRC 50 - 60), convient à la découpe de roches à haute dureté et de veines de charbon.

Ténacité à la rupture

610 MPa·m^{1/2}, ce qui est meilleur que le carbure cimenté ordinaire (57 MPa·m^{1/2}) et n'est pas facile à casser sous un impact élevé.

Résistance à l'usure

Taux d'usure 0,015 - 0,025 mm³/ N·m (ASTM G65), 1,52 fois inférieur à celui de la fonte à haute teneur en chrome.

Résistance à la compression

3500 - 5500 MPa, capable de résister à des forces de coupe élevées.

densité

13,5 - 15,0 g/cm³, équilibre entre résistance et poids.

Résistance à la corrosion

Dans les environnements neutres ou légèrement acides (pH 4-9), la vitesse de corrosion est < 0,08 mm/an ; les formules à base de nickel peuvent résister à un pH 10-12.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Résistance à la température

La température de travail est de 20°C à 700°C, et certaines formules peuvent supporter 900°C pendant une courte période, ce qui convient aux environnements d'excavation à haute température.

1.3 Avantages de la microstructure

Les pics en carbure présentent généralement des structures à grain fin (0,52 micron) ou ultrafin (0,2 à 0,5 micron). Comparés au carbure traditionnel (25 microns), ils présentent les avantages suivants :
Dureté améliorée : les petits grains augmentent la zone limite des grains, améliorant ainsi la résistance à la déformation et à l'usure.

Améliorer la ténacité : le raffinement du grain disperse les contraintes et réduit le risque de croissance des fissures.

Stabilité de coupe : la structure à grain fin réduit l'usure et l'écaillage, maintient le tranchant tranchant et prolonge la durée de vie de la coupe.

2. Spécifications de base

Les pics en carbure cimenté présentent différentes spécifications. Voici les spécifications et paramètres courants (se référer aux normes industrielles et aux données du fabricant) :

Géométrie:

Conique : Le plus courant, adapté aux tunneliers et aux machines d'extraction de charbon, avec une efficacité de coupe élevée.

Forme de balle : utilisée pour les formations rocheuses à haute dureté pour améliorer la pénétration.

Forme supérieure plate : utilisée dans les veines de charbon ou les roches tendres pour réduire la résistance à la coupe.

Forme de couteau ou de ciseau : utilisée pour des besoins particuliers d'excavation ou de concassage.

taille:

Diamètre (pointe de la dent) : 8 - 50 mm (20 - 35 mm est courant).

Longueur (hors tout) : 50 - 150 mm (80 - 120 mm typique).

Tolérance : $\pm 0,05$ mm (usinage de haute précision).

poids:

Les pièces individuelles pèsent de 0,1 à 1,5 kg, adaptées au montage ou à la fixation mécanique.

Rugosité de surface :

Ra 0,4 - 1,0 μ m, réduit la friction et l'adhérence du matériau.

Degré de dureté :

Norme : HRA 85 - 88 (filons de charbon, roche tendre).

Dureté élevée : HRA 88 - 91 (roche dure, granit).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Formule du matériau :

WCCo (usage général) : Teneur en cobalt 6 - 12 %, HRA 86 - 90, ténacité élevée.

WCNi (résistant à la corrosion) : Teneur en nickel 5 - 10 %, adapté aux environnements humides.

WCTiCTaC (type haute température) : résistance à la température 700 - 900°C.

Méthode d'installation :

Fixation de l'incrustation : intégrée dans le siège de la dent, force de liaison > 150 MPa.

Brasage : Brasage à haute température (900 - 1100°C), force d'adhérence > 200 MPa.

Serrage mécanique : remplacement rapide, adapté aux scénarios de maintenance à haute fréquence.

Traitement de surface :

Polissage : Ra 0,2 - 0,4 μm , résistance à la fatigue renforcée.

Revêtement : TiN (dureté HV 2000 - 2500), TiAlN (résistance à la température 900°C), DLC (coefficient de frottement 0,1 - 0,2).

Conformité aux normes :

Système de gestion de la qualité ISO 9001.

ASTM B771 (test d'abrasion), ISO 3878 (test de dureté).

Exemples de produits typiques :

Pics pour machines d'extraction de charbon : diamètre 25 - 35 mm, longueur 90 - 120 mm, HRA 86 - 89, durée de vie 3000 - 6000 heures.

Pics TBM : diamètre 20 - 40 mm, longueur 80 - 100 mm, HRA 88 - 91, adaptés aux roches dures.

Pics de perceuse : diamètre 15 - 30 mm, longueur 70 - 100 mm, HRA 85 - 88, résistants aux chocs.

3. Processus de fabrication

La fabrication de pics en carbure cémenté s'appuie sur la technologie de la métallurgie des poudres pour garantir performance, précision et qualité de surface.

3.1 Préparation des matières premières

Carbure de tungstène de haute pureté (WC, pureté > 99,95 %), cobalt (Co, pureté > 99,9 %) et autres additifs (tels que TiC, TaC). La poudre est mélangée par broyage humide (alcool ou eau déionisée, broyage à boulets pendant 24 à 72 heures), et la granulométrie moyenne est contrôlée à 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)

sont pressés en compacts verts à 200 - 400 MPa avec une densité de 50 - 60 % de la densité théorique.

Moulage de précision

Des moules de haute précision (tolérance $\pm 0,1$ mm) sont utilisés pour les formes complexes telles

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

que les cônes ou les têtes de balle.

Séchage par atomisation

Préparez des particules fluides et améliorez l'uniformité des corps verts.

3.3 Frittage

Pré-frittage

900 - 1100°C, élimination des additifs organiques.

Pressage isostatique à chaud (HIP)

1350 - 1500°C, 100 - 200 MPa, atmosphère d'argon, frittage pendant 24 heures, densité 99,8 - 100%.

Contrôle du 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 $\pm 0,05$ mm, rugosité Ra 0,4 - 1,0 μm .

Renforcement de surface

Le sablage, le polissage ou le revêtement (TiN, TiAlN, DLC) améliorent la résistance à l'usure et à la chaleur.

Contrôle de la qualité

Essai de dureté (HRA/HV), analyse de la microstructure (MEB), mesure dimensionnelle (instrument de mesure 3D), contrôle non destructif (ultrasons).

4. Objectif et scénarios d'application

Les pics en carbure sont largement utilisés dans les domaines et scénarios suivants en raison de leur excellente résistance à l'usure, de leur résistance aux chocs et de leur efficacité de coupe :

4.1 Mines et exploitation du charbon

Exploitation minière complète du charbon

Pics à tambour utilisés pour les machines d'extraction du charbon, coupant les veines de charbon et la gangue (dureté < 100 MPa), avec une durée de vie de 3000 à 6000 heures, adaptés à l'exploitation minière à longue paroi et aux fronts de taille miniers entièrement mécanisés.

Fraise pour tunnelier

Sur un tunnelier (TBM) ou une fraiseuse à tête fraisée, il coupe le grès et le granit (dureté 100 - 200 MPa), avec une durée de vie de 2000 à 4000 heures, et est utilisé dans les voies de mine et la construction de tunnels.

Exploitation minière à ciel ouvert

Utilisé dans les plates-formes de forage rotatives ou les mineurs continus pour couper des minerais durs tels que le minerai de fer et le minerai de cuivre, et peut résister à des chocs et à une usure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

élevés.

4.2 Tunnels et ingénierie souterraine

Machine à bouclier

Sur la tête de coupe de la machine à bouclier, elle coupe le sol, la roche ou les couches mixtes, résiste à un couple et à une usure élevés et est utilisée dans les métros, les tunnels ferroviaires et les tunnels sous-marins.

Creusement de tunnels dans la roche dure

Utilisé dans les tunneliers à roche dure (HRM) pour couper le granit et le basalte, avec une durée de vie 46 fois plus longue que les pics en acier.

Appareil de forage d'ancrage

Forage et support auxiliaire, résistant à l'usure des roches, adapté à la stabilité de l'ingénierie souterraine.

4.3 Construction routière et ingénierie des infrastructures

Foreuse rotative

Utilisé pour la construction de fondations sur pieux, la découpe de béton, de gravier ou de roche tendre, avec une durée de vie de 4 000 à 7 000 heures, et est utilisé dans les fondations de ponts et d'immeubles de grande hauteur.

Fraisage routier

Sur fraiseuses, coupant des chaussées en asphalte ou en béton, résistant aux températures élevées et à l'usure, adapté à la réparation des routes.

Construction de murs continus

Utilisé dans une benne preneuse ou une fraiseuse hydraulique pour couper les couches de sol et de roche, et est appliqué aux fosses de fondation profondes et aux murs anti-infiltration.

4.4 Exploration géologique et développement énergétique

Forage géologique

Utilisé dans les appareils de forage carottés pour couper des formations rocheuses dures afin d'obtenir des échantillons géologiques, et peut résister à un couple et à une usure élevés.

Pétrole et gaz

Sur des appareils de forage ou des forets rotatifs, ils coupent des roches profondes et résistent aux températures élevées, aux pressions élevées et aux environnements corrosifs.

Développement géothermique

Utilisé pour le forage de puits géothermiques, la découpe de formations rocheuses à haute température, résistant à des températures allant jusqu'à 700°C.

4.5 Autres fins spéciales

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ingénierie portuaire et maritime

Sur les équipements de dragage, il coupe le sable des fonds marins ou les récifs coralliens et résiste à la corrosion et à l'usure de l'eau de mer.

Sylviculture et agriculture

Utilisé dans les machines de récupération forestière ou les équipements de nivellement des terres pour couper les sols durs et les racines des arbres.

Ingénierie militaire et spéciale

Dans les machines d'ingénierie militaire ou les équipements spéciaux de creusement de tunnels, des matériaux à haute résistance sont découpés pour répondre à des exigences de fiabilité élevées.

5. Avantages

Les pics en carbure jouent un rôle important dans les applications industrielles en raison de leurs propriétés uniques :

Durée de vie ultra longue

La résistance à l'usure et la dureté prolongent la durée de vie de 36 fois, réduisant ainsi la fréquence de remplacement.

Coupe efficace

La dureté et la ténacité élevées permettent une coupe à grande vitesse, améliorant l'efficacité de l'excavation de 20 à 40 %.

Rapport qualité-prix élevé

Le coût initial est élevé, mais la période de retour sur investissement est de 6 à 18 mois et le coût global est réduit de 30 à 50 %.

Personnalisation flexible

Différentes formes, tailles et formules pour répondre aux besoins des différentes conditions géologiques et conditions de travail.

Adaptabilité environnementale

Il est résistant à l'usure, à la corrosion et aux hautes températures, et peut s'adapter à des environnements complexes, des veines de charbon humides aux formations rocheuses à haute température.

Fabrication verte

La haute durabilité réduit la consommation de matériaux et est conforme à la tendance du développement durable.

6. Défis et solutions

6.1 Défis

Coût de fabrication élevé : les matières premières de haute pureté et les processus sophistiqués entraînent des coûts plus élevés.

Difficulté de traitement : la dureté ultra élevée augmente la complexité du traitement et les outils diamantés s'usent rapidement.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Risque de fracture par impact : les matériaux à haute dureté peuvent se briser sous un impact extrême.
Limitations des conditions de travail extrêmes : les performances se dégradent sous des températures extrêmement élevées ($> 900\text{ }^{\circ}\text{C}$) ou des acides forts ($\text{pH} < 2$).

6.2 Solution

Optimisation des coûts : optimiser le ratio et les paramètres de frittage pour réduire la consommation de 10 à 20 % ; utiliser une production automatisée pour réduire les coûts de main-d'œuvre.

Améliorations du traitement : l'introduction du traitement au laser ou du traitement par électroétincelle peut augmenter l'efficacité de 30 % et prolonger la durée de vie de l'outil de 2 fois.

Ténacité améliorée : Résistance aux chocs améliorée de 20 à 30 % grâce à des structures à gradient ou à de nouvelles phases de liant (par exemple, alliages CoNi).

Amélioration des performances : Développer de nouveaux revêtements (tels que AlCrSi / TiN, résistance en température 1000°C) ou matériaux composites pour s'adapter aux conditions de travail difficiles.

7. Développement futur

Grâce à leur dureté élevée (HRA 85 - 91), leur excellente ténacité ($610\text{ MPa}\cdot\text{m}^2$) et leur durée de vie ultra-longue (2 000 - 7 000 heures), les pics en carbure cémenté sont des outils de coupe idéaux pour l'exploitation minière, le creusement de tunnels, la construction de routes, l'exploration géologique et le développement énergétique. Leurs spécifications variées (diamètre 8 - 50 mm, longueur 50 - 150 mm) et leur procédé de fabrication de précision répondent aux besoins d'un large éventail de domaines, des filons de charbon tendre aux formations rocheuses dures. Les données techniques montrent que leur durée de vie est 36 fois supérieure à celle des pics en acier traditionnels, et que leur coût global est réduit de 30 à 50 %.

En regardant vers l'avenir, le développement des pics en carbure cémenté se concentrera sur les directions suivantes :

Fabrication intelligente

L'IA et le big data sont introduits pour optimiser les formules et les processus, avec une précision de prédiction des performances $> 99\%$ et une efficacité de production augmentée de 20 %.

Nouveaux matériaux

Découvrez les revêtements en graphène (coefficient de frottement 0,05), le diamant polycristallin (PCD, durée de vie multipliée par 15) ou les composites céramiques pour améliorer la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures.

Production verte

Développer une technologie de recyclage pour augmenter le taux de recyclage des déchets à 85 % et réduire la consommation de ressources.

Conception modulaire

Lancement du module de changement rapide de pics, réduisant le temps de maintenance de 50 % et améliorant l'efficacité de l'excavation.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Avec les progrès de la science des matériaux et de la technologie de fabrication, les pics en carbure joueront un rôle plus important dans le creusement de tunnels intelligents, l'exploitation minière verte et l'ingénierie efficace, donnant une forte impulsion au développement durable de l'industrie mondiale.



appendice:

Qu'est-ce qu'un foret en carbure ?

Le foret carbure est un outil de coupe haute performance dont le noyau est en carbure de tungstène (WC). Fabriqué grâce à une technologie avancée de métallurgie des poudres, il est spécialement conçu pour le perçage de matériaux très durs et très résistants. Grâce à leur excellente dureté, leur résistance à l'usure, aux températures élevées et à la corrosion, les forets carbure sont largement utilisés dans la transformation des métaux, l'exploitation minière, la construction, l'énergie, l'aérospatiale, l'automobile, la fabrication électronique de précision, etc. Ils permettent de percer efficacement l'acier dur, l'acier inoxydable, les alliages de titane, la fonte, la céramique, les matériaux composites, etc., améliorant considérablement l'efficacité d'usinage, la précision et la durée de vie de l'outil. Cet article présente en détail les performances et l'intérêt des forets carbure : propriétés des matériaux, types et indicateurs techniques, procédés de fabrication, utilisations et scénarios d'application, avantages produit, défis techniques et pistes d'amélioration.

1. Composition du matériau et caractéristiques des forets en carbure cémenté

1.1 Composition du matériau du foret en carbure

La formulation des forets en carbure est précisément conçue pour atteindre l'équilibre optimal entre dureté, ténacité et résistance à la corrosion :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Phase difficile

Le carbure de tungstène (WC, 80-95 %) offre une dureté et une résistance à l'usure extrêmement élevées. Certaines formules sont dopées au carbure de titane (TiC, 1-5 %) ou au carbure de tantale (TaC, 0,5-2 %) pour améliorer la stabilité à haute température et la résistance à l'oxydation.

Phase adhésive

Le cobalt (Co, 5 - 15 %) améliore la ténacité et la résistance aux chocs ; le nickel (Ni, 5 - 10 %) est utilisé dans des formulations résistantes à la corrosion adaptées aux environnements acides ou humides.

additif

Des traces de chrome (Cr, 0,1 - 1 %), de vanadium (V, 0,05 - 0,5 %) et de molybdène (Mo, 0,1 - 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 forets en carbure

Les performances des forets en carbure proviennent de leur microstructure optimisée et de la formulation de leur matériau :

dureté

HRA 86 - 92 (HV 1200 - 1700), 23 fois supérieur à l'acier rapide (HSS, HRC 60 - 65), adapté au perçage de matériaux d'une dureté jusqu'à HRC 60.

Ténacité à la rupture

6,510 MPa·m^{1/2}, ce qui est meilleur que le carbure cimenté ordinaire (57 MPa·m^{1/2}), et la résistance à la fracture par impact est améliorée de 30 %.

Résistance à l'usure

Le taux d'usure est de 0,01 à 0,02 mm³/ N·m (ASTM G65), ce qui est 1,52 fois inférieur à celui de la fonte à haute teneur en chrome, et la durée de vie de la coupe est prolongée de 310 fois.

Résistance à la compression

4000 - 6000 MPa, capable de résister à des forces de coupe élevées (force de coupe maximale jusqu'à 5000 N).

densité

13,8 - 15,2 g/cm³, poids modéré, adapté à la rotation à grande vitesse.

Résistance à la corrosion

Dans un environnement neutre ou légèrement acide (pH 4-9), la vitesse de corrosion est < 0,07 mm/an ; les formulations ou revêtements à base de nickel peuvent résister à un pH 11-12 avec une vitesse de corrosion < 0,05 mm/an.

Résistance à la température

La température de travail varie de 20 °C à 800 °C. La formule du revêtement résiste à des températures instantanées de 1 000 °C, ce qui le rend adapté au traitement à sec ou à haute température.

1.3 Avantages de la microstructure des forets en carbure cimenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les forets en carbure ont des structures à grains fins (0,52 micron) ou ultra-fins (0,2 - 0,5 micron), qui apportent les avantages suivants :

Dureté et résistance élevées : les petits grains augmentent la densité des limites de grains, suivent l'effet Hall-Petch et améliorent la résistance à l'usure.

Excellente ténacité : le raffinement du grain disperse les contraintes, réduit le risque de propagation des fissures et améliore la résistance aux chocs de 20 à 30 %.

Stabilité de coupe : réduit l'usure, maintient le tranchant tranchant et prolonge la précision et la durée de vie du traitement.

2. Types et indicateurs techniques des forets en carbure cimenté

Il existe une grande variété de forets en carbure, couvrant une variété de géométries, d'utilisations et d'exigences de traitement. Vous trouverez ci-dessous une classification complète, des indicateurs techniques et un tableau d'utilisation (normes ISO, spécifications ASTM et données du fabricant).

2.1 Types et utilisations des forets en carbure cimenté

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
Foret hélicoïdal à tige droite Foret hélicoïdal	Conception de rainure en spirale standard, outil de coupe universel, adapté à une variété de matériaux.	Fabrication automobile (blocs cylindres, vilebrequins), usinage (engrenages, roulements), fabrication de moules (acier pour moules), perçage d'acier, de fonte, d'alliages d'aluminium.	Diamètre 1 - 30 mm, longueur 50 - 150 mm, angle de pointe 118°/135°, HRA 8790, durée de vie 2000 - 5000 trous.
Foret conique Foret conique	Le corps de fraise conique optimise l'évacuation des copeaux dans les trous profonds et convient au perçage en grande profondeur.	Aéronautique (pièces en alliage de titane), outils de forage pétrolier (boîtier), fabrication de moules (moules à trous profonds), perçage d'alliage de titane, acier inoxydable, acier allié.	Diamètre 5 - 30 mm, longueur 100 - 300 mm, angle de pointe 135°, HRA 89 - 92, durée de vie 1000 - 3000 trous.
perceuse étagée Exercice étagé	La conception de diamètre à plusieurs niveaux permet de traiter simultanément des trous de plusieurs tailles, réduisant ainsi le nombre d'étapes.	Fabrication automobile (trous de boulons en tôle mince), installation de pipelines (brides), construction (plaques d'acier), perçage de tôles d'acier minces, aluminium, acier inoxydable.	Diamètre 4 - 40 mm, longueur 50 - 120 mm, angle de pointe 118°, HRA 86 - 89, durée de vie 1500 - 4000 trous.
Foret à centrer Foret à centrer	Court et rigide, il peut traiter les trous de positionnement pour assurer la précision du perçage ultérieur.	Usinage (positionnement CNC), fabrication de moules (positionnement précis), aéronautique (pièces de haute précision), perçage acier, acier inoxydable, acier allié.	Diamètre 1 - 10 mm, longueur 30 - 60 mm, angle de pointe 60°/90°, HRA 87 - 90, durée de vie 3000 - 6000 trous.

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
Micro-perceuse Micro-perceuse	Diamètre ultra-petit, spécialement conçu pour le traitement de micro-trous de haute précision.	Electronique (cartes PCB), dispositifs médicaux (vis osseuses), horlogerie (micro pièces), perçage du cuivre, du carbure et de la céramique.	Diamètre 0,13 mm, longueur 20 - 50 mm, angle de pointe 135°, HRA 88 - 91, durée de vie 1000 - 3000 trous.
Forage de trous profonds Forage de trous profonds	Rapport hauteur/largeur élevé, équipé d'un système de refroidissement interne, adapté au traitement de trous ultra-profonds.	Aérospatiale (aubes de turbine), pétrole et gaz (tiges de forage), équipements énergétiques (échangeurs de chaleur), alliages de titane de forage, acier inoxydable et alliages à base de nickel.	Diamètre 5 - 30 mm, longueur 100 - 500 mm, angle de pointe 135°, HRA 89 - 92, durée de vie 1000 - 3000 trous.
Foret à fond plat Foret à fond plat	Pointe d'outil à fond plat pour l'usinage de trous à fond plat, réduisant ainsi le fraisage ultérieur.	Fabrication automobile (trou inférieur fileté), usinage mécanique (trou plan), fabrication de moules (trou de précision), perçage de l'acier, de la fonte, de l'alliage d'aluminium.	Diamètre 320 mm, longueur 50-100 mm, angle de pointe 135°, HRA 8790, durée de vie 2000-5000 trous.
Foret à trois tranchants Exercice à trois flûtes	La conception à trois arêtes de coupe réduit les vibrations et améliore la rondeur du trou.	Aéronautique (trous de haute précision), fabrication de moules (finition), usinage (trous de roulements), perçage d'acier inoxydable, alliage de titane, acier dur.	Diamètre 5 - 20 mm, longueur 50 - 120 mm, angle de pointe 135°, HRA 89 - 92, durée de vie 1500 - 4000 trous.
Foret d'alésage Foret alésoir	Terminez les trous existants pour améliorer la précision du diamètre des trous et la qualité de la surface.	Fabrication mécanique (trous de paliers), équipements hydrauliques (corps de vannes), aéronautique (trous de raccordement), perçage acier, inox, fonte.	Diamètre 5 - 40 mm, longueur 50 - 150 mm, angle de pointe 118°, HRA 87 - 90, durée de vie 2000 - 5000 trous.
Exercice d'armes à feu Exercice d'armes à feu	Traitement de trous ultra-profonds, équipé d'un refroidissement haute pression, conception à bord unique.	Équipement médical (équipement orthopédique), équipement énergétique (tubes d'échange de chaleur), aérospatial (pièces de trou profond), perçage d'alliage de titane, acier inoxydable, acier dur.	Diamètre 2 - 30 mm, longueur 200 - 1000 mm, angle de pointe 135°, HRA 89 - 92, durée de vie 1000 - 3000 trous.
Tête de forage interchangeable Foret indexable	La tête de coupe peut être remplacée rapidement, réduisant ainsi les temps d'arrêt et convient à la production de masse.	Fabrication automobile (usinage de trous de masse), usinage mécanique (chaîne de montage), construction (structure en acier), perçage de l'acier, de la fonte, de l'alliage d'aluminium.	Diamètre 1040 mm, longueur 100-200 mm, angle de pointe 135°, HRA 8790, durée de vie 3000-6000 trous.
Foret à percussion Impact des FDS Perceur	Combine rotation et impact, spécialement conçu pour les matériaux de maçonnerie.	Ingénierie de la construction (murs en béton), construction de tunnels (roche), rénovation (murs en briques), forage de béton, granit, maçonnerie.	Diamètre 6 - 25 mm, longueur 100 - 300 mm, HRA 86 - 89, durée de vie 500 - 2000 trous.
Foret spécial pour	L'angle d'hélice faible et	Aéronautique (ailes en PRFC), automobile	Diamètre 3 - 20 mm, longueur 50 - 120

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
matériaux composites Foret composite	le bord de coupe tranchant réduisent le délaminage et l'écaillage des bords.	(carrosserie composite), éolien (pales), forage fibre de carbone, fibre de verre, matériaux composites.	mm, angle de pointe 135°, HRA 89 - 92, durée de vie 1000 - 3000 trous.
Forets en céramique Foret en céramique	Dureté ultra élevée, spécialement conçue pour les matériaux extrêmement durs.	Electronique (substrats céramiques), médical (implants céramiques), aéronautique (revêtements céramiques), perçage de céramiques, de verre et de carbure cémenté.	Diamètre 1 - 20 mm, longueur 50 - 100 mm, angle de pointe 140°, HRA 90 - 92, durée de vie 500 - 2000 trous.
Point Drill Perçage ponctuel	Conception de lame courte, traitement de trous ou de fosses peu profonds, optimisant le positionnement ultérieur du perçage.	Usinage (pré-perçage CNC), fabrication de moules (puits de positionnement), aéronautique (pré-trous de haute précision), perçage acier, acier inoxydable, acier allié.	Diamètre 1 - 10 mm, longueur 30 - 60 mm, angle de pointe 90°/120°, HRA 87 - 90, durée de vie 3000 - 6000 trous.
Fraise conique Foret à fraiser	Les trous fraisés sont traités pour être adaptés à l'installation de vis.	Fabrication automobile (trous de vis de carrosserie), construction (assemblages de structures en acier), fabrication de meubles (planches de bois), perçage d'acier, d'alliages d'aluminium, de bois.	Diamètre 5 - 20 mm, longueur 50 - 100 mm, angle de pointe 90°, HRA 86 - 89, durée de vie 2000 - 5000 trous.
Exercice combiné Foret étagé et fraisé	Fonctions intégrées d'étape et de fraisage pour réaliser le traitement de trous multi-processus en une seule fois.	Aéronautique (trous de connexion de matériaux composites), automobile (pose de plaques minces), usinage (trous multifonctions), perçage acier, aluminium, matériaux composites.	Diamètre 5 - 30 mm, longueur 50 - 120 mm, angle de pointe 118°, HRA 8790, durée de vie 1500 - 4000 trous.
Foret fritté Foret brasé	Pointe en carbure brasée sur tige en acier, adaptée à l'usinage intensif.	Exploitation minière (roche dure), construction (béton armé), énergie (pipelines), forage de roche, béton, acier allié.	Diamètre 10 - 50 mm, longueur 100 - 300 mm, HRA 86 - 89, durée de vie 1000 - 3000 trous.

2.2 Indicateurs techniques

taille

Diamètre : 0,1 - 100 mm (130 mm est courant).
Longueur totale : 10 - 1000 mm (50 - 150 mm est courant).
Longueur de coupe : 5 - 500 mm (perçage de trous profonds jusqu'à 20 - 50D, D est le diamètre).
Tolérance : ±0,01 mm (usinage de précision, nuance IT6IT8).

poids

Chaque pièce pèse 0,012 kg et convient aux appareils portables ou aux machines CNC.

Rugosité de surface

Ra 0,2 - 0,8 μm , réduit l'adhérence des copeaux et la chaleur de frottement.

Degré de dureté

Norme : HRA 86 - 89 (travail général des métaux).

Dureté élevée : HRA 89 - 92 (carbure, céramique).

Formule du matériau

WCCo (usage général) : Teneur en cobalt 612 %, HRA 8791, haute ténacité.

WCNi (type résistant à la corrosion) : Teneur en nickel 510 %, résistant aux environnements acides et alcalins.

WCTiCTaC (type haute température) : résistance à la température 800 - 1000°C.

Angle de pointe

118° : Métal mou (tel que l'aluminium, le cuivre), faible résistance à la coupe.

135° : Acier dur, acier inoxydable, réduit les déplacements.

140° : Alliage de titane, céramique, haute stabilité.

Angle d'hélice

25 - 30° : Usage général, évacuation des copeaux équilibrée et rigidité.

35 - 40° : Matériaux tendres, évacuation plus rapide des copeaux.

15 - 20° : Matériau dur, augmente la rigidité du foret.

Installation

Queue ronde : mandrin standard, faux-rond < 0,01 mm.

Queue hexagonale : mandrin à changement rapide.

Tige SDS : perceuse à percussion, adaptée à la maçonnerie.

Traitement de surface

Polissage : Ra 0,1 - 0,4 μm , réduit la chaleur de frottement.

revêtement

TiN : Dureté HV 2000 - 2500, résistance à l'usure augmentée de 2 fois.

TiAlN : Résistant à la température jusqu'à 900°C, adapté au traitement à sec.

AlCrSi / TiN : résistance à la température 1000°C, durée de vie prolongée 3 fois.

DLC : Coefficient de frottement 0,1 - 0,2, adapté aux alliages d'aluminium et aux matériaux composites.

Données de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Vitesse de coupe : 20 - 200 m/min (acier 50 - 100 m/min, alliage de titane 20 - 40 m/min, alliage d'aluminium 100 - 200 m/min).

Vitesse d'avance : 0,05 - 0,3 mm/tr (0,05 - 0,1 mm/tr pour l'usinage de précision).

Profondeur de perçage maximale : 5 - 50D (jusqu'à 50D avec liquide de refroidissement interne).

Conformité aux normes

Système de gestion de la qualité ISO 9001.

ISO 1832 (Spécifications pour outils coupants).

ASTM B771 (test d'usure), ISO 3878 (test de dureté).

3. Processus de fabrication

La fabrication de forets en carbure cimenté adopte une technologie avancée de métallurgie des poudres pour garantir que les propriétés des matériaux, la précision géométrique et la qualité de surface répondent aux normes les plus élevées.

3.1 Préparation des matières premières

Du carbure de tungstène de haute pureté (WC, pureté > 99,95 %), du cobalt (Co, pureté > 99,9 %) et des additifs (tels que TiC, TaC, Cr) sont sélectionnés. La poudre est mélangée par broyage humide (alcool ou eau déionisée, broyage à boulets pendant 24 à 72 heures), et la granulométrie moyenne est contrôlée à 0,21 micron. Du VC ou du Cr₃C₂ (0,1 à 0,5 %) est ajouté comme inhibiteur de grains pour empêcher la croissance des grains lors du frittage à haute température.

3.2 Formation

Pressage isostatique à froid (CIP) : les poudres sont pressées en corps verts à 200 - 400 MPa avec une densité de 50 - 60 % de la valeur théorique.

Moulage de précision : Des moules de haute précision (tolérance $\pm 0,1$ mm) sont utilisés pour mouler des fentes de forets hélicoïdaux ou des géométries complexes.

Séchage par atomisation : préparer des particules fluides et améliorer l'uniformité et la résistance 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%.

Contrôle du refroidissement : Refroidissement progressif (10 - 20°C/min) pour éviter les microfissures dues aux contraintes thermiques.

3.4 Post-traitement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Rectification de précision : à l'aide de meules diamantées ou d'outils CBN, usinage avec une tolérance de $\pm 0,01$ mm, rugosité de surface $Ra\ 0,2 - 0,8\ \mu m$, netteté du tranchant (rayon du tranchant $< 5\ \mu m$).

Traitement des rainures : la rectifieuse CNC traite les rainures en spirale avec une erreur de profondeur de rainure de $< 0,05$ mm pour optimiser l'élimination des copeaux.

Renforcement de surface : sablage, polissage ou revêtement (TiN, TiAlN, AlCrSi / TiN, DLC) pour améliorer la résistance à l'usure et la résistance à la chaleur.

Contrôle de la qualité :

Test de dureté : HRA/HV, erreur $\pm 0,5$.

Analyse microstructurale : La microscopie électronique à balayage (MEB) a été utilisée pour examiner la taille des grains ($0,22\ \mu m$).

Mesure dimensionnelle : instrument de mesure tridimensionnel, précision $\pm 0,002$ mm.

Contrôle non destructif : Contrôle par ultrasons pour vérifier les défauts internes.

4. Avantages du produit

Les forets en carbure occupent la première place sur le marché des outils de coupe grâce à leurs excellentes performances :

Durée de vie ultra longue : la résistance à l'usure et la dureté prolongent la durée de vie de 310 fois et réduisent le coût de traitement unique de 3060 %.

Usinage efficace : prend en charge la coupe à grande vitesse (20 à 200 m/min) et une vitesse d'avance élevée (0,05 à 0,3 mm/tr), améliorant l'efficacité de l'usinage de 20 à 50 %.

Haute précision : précision d'ouverture $\pm 0,01$ mm, rugosité de surface $Ra\ 0,2 - 0,8\ \mu m$, répondant aux exigences élevées de l'aviation et de l'électronique.

Personnalisation flexible : Différents types (torsion, trou profond, micro, etc.), tailles (0,1 - 100 mm) et revêtements (TiN, TiAlN) pour s'adapter à différentes conditions de travail.

Adaptabilité environnementale : résistance aux hautes températures (800 - 1000°C), résistance à la corrosion (pH 210), adaptable aux environnements secs, humides et chimiques.

Fabrication verte : la durabilité élevée réduit les changements d'outils et les déchets, répondant ainsi aux objectifs de développement durable.

5. Défis techniques et axes d'amélioration

5.1 Défis techniques

Difficulté de traitement

Le carbure cimenté présente une dureté élevée (HRA 86 - 92), ce qui impose des exigences très élevées aux équipements et outils d'usinage. Les meules diamantées ou les outils CBN s'usent rapidement et la précision d'usinage est difficile à stabiliser (tolérance $< \pm 0,01$ mm).

Risque de fragilité

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les matériaux à haute dureté peuvent produire des microfissures ou des fractures sous un impact élevé ou une vitesse d'avance excessive ($> 0,3 \text{ mm/tr}$), ce qui affectera la durée de vie.

Problèmes de gestion thermique

La coupe à grande vitesse ($> 100 \text{ m/min}$) génère beaucoup de chaleur de friction, ce qui peut provoquer un ramollissement du tranchant ou un décollement du revêtement, en particulier lors de l'usinage à sec.

Adaptabilité matérielle complexe

Les matériaux composites (tels que le CFRP), les céramiques et les alliages ultra-durs ($\text{HRC} > 60$) ont des exigences élevées en matière de géométrie et de revêtement des forets et sont sujets au délaminage, à l'effondrement des bords ou à l'usure rapide.

Limitations des conditions de travail extrêmes

Sous des températures extrêmement élevées ($> 1000 \text{ }^\circ\text{C}$) ou dans des environnements fortement acides ($\text{pH} < 2$), les performances des revêtements et des phases de liaison traditionnels se détériorent, réduisant leur durée de vie de 50 à 70 %.

5.2 Orientation vers l'amélioration technique

Technologie de traitement avancée

Développer le micro-usinage laser et l'usinage par électro-étincelle, avec une précision de $\pm 0,005 \text{ mm}$ et une réduction de 30 % de l'usure des outils, adaptés aux géométries complexes (telles que les forets à trois arêtes et les forets à canon).

Conception renforcée en termes de robustesse

En adoptant une structure à gradient (dureté de surface élevée $\text{HRA } 90 - 92$, ténacité interne élevée, ténacité à la fracture $> 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) ou une phase de liaison composite CoNi , la résistance aux chocs est améliorée de 20 à 30 % et le risque de fracture est réduit.

Gestion thermique efficace

Optimiser le système de refroidissement interne (pression du liquide de refroidissement $10 - 20 \text{ MPa}$, débit $5 - 15 \text{ L/min}$) pour réduire la température dans la zone de coupe de $100 - 200^\circ\text{C}$; développer des revêtements adaptatifs (tels que $\text{TiAlN} / \text{AlCrSi}$, résistance à la température 1100°C) pour réduire le ramollissement thermique.

Optimisation des matériaux composites

La conception de forets avec des angles d'hélice faibles ($15 - 20^\circ$) et des arêtes de coupe tranchantes (rayon d'arête $< 3 \text{ }\mu\text{m}$) peut réduire la délamination du CFRP de 30 % ; le développement de têtes de coupe en PCD (diamant polycristallin) avec une dureté augmentée à $\text{HV } 8000$ et une durée de vie prolongée de 20 fois.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Adaptation aux conditions de travail extrêmes

Rechercher et développer des revêtements nano-multicouches (tels que AlCrSi / TiN, épaisseur 25 μm , dureté HV 3500) ou des matériaux composites à base de céramique (WCSiC), avec une résistance à la température augmentée à 1200°C et un taux de corrosion aux acides forts (pH 12) <0,03 mm/an.

Conception intelligente

L'IA est utilisée pour simuler les forces de coupe (erreur < 5 %) et le comportement d'usure, optimiser l'angle de pointe (118° - 140°) et le type de rainure (erreur de profondeur de rainure < 0,03 mm) et améliorer la stabilité du traitement ; des forets autodiagnostiques sont développés pour surveiller la température et l'usure en temps réel, prolongeant ainsi la durée de vie de 10 à 20 %.

6. Conclusion

Les forets en carbure sont des outils de coupe privilégiés dans l'usinage des métaux, l'exploitation minière, la construction, l'énergie, l'aérospatiale, la fabrication électronique et d'autres secteurs, grâce à leur dureté élevée (HRA 86-92), leur excellente ténacité (6,510 MPa·m^{1/2}) et leur durée de vie ultra-longue (2 000 à 10 000 trous). Leur large gamme (forets hélicoïdaux, forets pour trous profonds, micro-forets, forets à percussion, forets céramiques, etc.) et leurs spécifications précises (diamètre 0,1100 mm, précision $\pm 0,01$ mm) répondent à des besoins variés, du micro-perçage de circuits imprimés au perçage de roches profondes. Les indicateurs techniques montrent que leur durée de vie est 310 fois supérieure à celle des forets en acier rapide, que leur efficacité d'usinage est accrue de 20 à 50 % et que leur précision du diamètre de perçage atteint le niveau IT6IT8.

Grâce à des technologies avancées de métallurgie des poudres et de revêtement (comme TiAlN et DLC), le foret est performant dans des environnements difficiles tels que les températures élevées (800-1000 °C) et la corrosion (pH 210). À l'avenir, grâce à l'usinage laser, aux têtes d'outils PCD, aux nano-revêtements, à l'optimisation par IA et à la conception intelligente, les forets en carbure amélioreront encore leurs performances et élargiront leurs possibilités d'application, contribuant ainsi au développement efficace, précis et durable de l'industrie mondiale.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Pics pour tunneliers en carbure

Les pics en carbure pour tunneliers sont des outils de coupe performants conçus pour les tunneliers et les équipements miniers, destinés au concassage et à l'excavation de roches dures, de formations complexes ou de conditions géologiques mixtes. Leur principal atout réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à des procédés de fabrication avancés et à une conception optimisée, pour une dureté, une résistance à l'usure, aux chocs, à la chaleur et à la corrosion excellentes, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées dans des conditions de travail extrêmes (puits profonds, haute pression, haute température ou environnements corrosifs). Élément clé à l'avant du tunnelier, le pic influence directement l'efficacité de la construction, la durée de vie des équipements, la sécurité technique et la maîtrise des coûts. Il joue un rôle essentiel dans la construction d'infrastructures modernes, l'exploitation minière, l'ingénierie spécialisée et les domaines émergents. Conformément aux dernières informations sur l'ensemble du réseau et le développement du secteur, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications du pic.

1. Propriétés physiques et chimiques des pics de fraiseuse à attaque ponctuelle en carbure cimenté

Les pics en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison et des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et les performances à haute température. Préparé par un procédé de métallurgie des poudres, les méthodes couramment utilisées comprennent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et une porosité $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La taille des grains est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$), et l'uniformité de la microstructure atteint $95\% \pm 2\%$ (analyse métallographique).

La conception géométrique du pic est diversifiée, avec des formes courantes, notamment conique (angle au sommet $60^\circ - 90^\circ \pm 5^\circ$), en coin (angle de bord $30^\circ - 45^\circ \pm 2^\circ$) et à tête sphérique (rayon de courbure $5 - 10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), avec une couche de carbure intégrée à la pointe (épaisseur $2 - 7 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, jusqu'à $10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ à certains endroits), et la base est en acier allié à haute résistance (tel que 40CrMo, 42CrMo ou nouvel acier à haute teneur en manganèse, dureté de trempe HRC $40 - 52 \pm 2$). Français La méthode d'installation comprend le soudage par induction haute fréquence (température $1200 - 1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance de soudage $> 600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), le soudage à l'arc plasma ou le serrage mécanique (force de serrage $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$), fixé sur la tête de coupe du tunnelier ($50 - 100 \text{ pics} \pm 5$ par mètre de tête de coupe, selon le diamètre). La conception intègre la mécanique de coupe, la conduction thermique, la répartition des contraintes et l'optimisation de la mécanique des fluides. La géométrie du pic (angle d'entrée $30^\circ - 45^\circ \pm 5^\circ$, angle d'inclinaison arrière

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5°-15°±2°) et la rainure de scories (profondeur de rainure 5-12 mm±0,5 mm, largeur de rainure 10-20 mm±1 mm, angle d'inclinaison 15°-30°±2°) améliorent considérablement l'efficacité de l'excavation, les performances de dissipation thermique et la capacité d'évacuation des scories. Il convient aux roches dures avec une résistance à la compression de 100 à 300 MPa, aux roches tendres avec une teneur en eau > 20 % ± 5 % ou aux formations mixtes avec une teneur en sable > 10 % ± 2 %.

2. Caractéristiques et principe de fonctionnement des pics de fraiseuse à attaque ponctuelle en carbure cémenté

2.1 Propriétés des matériaux

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50, selon les additifs), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure, à l'érosion et à l'oxydation à haute température (température de début d'oxydation > 800°C±20°C) ; le Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{IC} 12-16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5), et absorbe efficacement l'énergie d'impact (> 50 J±5 J, valeur de crête instantanée > 150 J±10 J). Les grains fins optimisent la microstructure, taux d'usure < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (de préférence < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), densité 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ (déterminée par la méthode d'Archimède), coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 μm±0,01 μm), qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance H₂S > 2000 heures ±100 heures) ; TaC améliore la dureté à haute température (> 900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale).

2.2 Principe de fonctionnement

de la rotation du tunnelier (vitesse 500-1200 tr/min±50 tr/min, selon la puissance de l'équipement) et de la poussée (50-150 kN±5 kN, jusqu'à 300 kN±10 kN), le pic coupe la surface de la roche pour former des rainures continues, et brise la roche par extrusion (pression de contact 200-400 MPa±20 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 50-100 MPa±5 MPa). La couche de carbure de pointe supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface 500-700°C±50°C, instantanément jusqu'à 900°C±50°C), tandis que la matrice en acier fournit un support structurel (résistance à la traction > 1000 MPa±50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m·K±2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois ± 10⁵ fois, charge cyclique > 200 MPa ± 20 MPa).

2.3 Test de performance : Dans les conditions du granit (dureté 7 Mohs, résistance à la compression 150-200 MPa), du basalte (dureté 7-8 Mohs, résistance à la compression 200-250 MPa) et du quartzite (dureté 7 Mohs, résistance à la compression 180-220 MPa), la durée de vie optimisée du pic dépasse 500-800 heures ± 50 heures (selon les conditions géologiques), et l'efficacité de coupe atteint 5-15 m³/h ± 1 m³/h (maximum jusqu'à 20 m³/h ± 1 m³/h, puissance > 1000 kW±50 kW). L'analyse SEM n'a montré aucune fissuration évidente sur la surface, la profondeur d'usure était < 0,05 mm ± 0,01 mm (de préférence < 0,03 mm ± 0,01 mm), la diffraction des rayons X (DRX) a

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

vérifié la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95 \% \pm 2 \%$), la spectroscopie dispersive en énergie (EDS) a confirmé la distribution uniforme de Cr_2O_3 et TaC, et l'imagerie thermique a montré que la distribution des contraintes thermiques était $< 100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

3. Facteurs affectant les performances des pics de fraiseuse à attaque ponctuelle en carbure cémenté

3.1 Teneur en Co

$6\%-12\% \pm 1\%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, $< 6\% \pm 1\%$ conduit à une augmentation de $10\% \pm 2\%$ du taux de fissures, $> 12\% \pm 1\%$ réduit la dureté de $5\% \pm 1\%$ et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), et $8\%-10\% \pm 0,5\%$ est préféré pour équilibrer les performances et le coût (le coût par kg augmente de $5\%-10\% \pm 1\%$).

3.2 Granulométrie

$0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux roches de dureté moyenne (résistance à la compression $100-150 \text{ MPa}$), $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15 \% \pm 3 \%$, la réduction des joints de grains entraîne une diminution de la ténacité de $10 \% \pm 2 \%$ et la difficulté de traitement augmente de $5 \% \pm 1 \%$.

3.3 Angle de pointe : $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de coupe (force de coupe $< 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, consommation d'énergie $< 50 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ réduit la capacité de coupe de $10\% \pm 2\%$ et augmente l'accumulation de chaleur (augmentation de température $> 50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), $< 30^\circ \pm 5^\circ$ conduit facilement à un risque d'écaillage des bords de $5\% \pm 1\%$ (taux d'écaillage des bords $> 2\% \pm 0,5\%$).

3.4 Traitement de surface

Français L'épaisseur de la couche de carbure de $2-5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore considérablement la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, augmentation des coûts de $10 \% \pm 2 \%$), $< 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ entraîne une réduction de la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $> 5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente les coûts de fabrication de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,3 \pm 0,05$), améliore la résistance à la chaleur ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) et la résistance à l'oxydation (teneur en oxygène $< 0,5 \% \pm 0,1 \%$).

3.5 Traitement thermique

en trempant l'acier de base (dureté HRC $40-52 \pm 2$, profondeur $1-2,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de tremp $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), la durée de vie de la base non trempée est réduite de $15\% \pm 3\%$, et la contrainte résiduelle est réduite de $5\% \pm 1\%$ (contrainte $< 50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) par revenu ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ heures} \pm 0,5 \text{ heures}$).

3.6 Environnement de travail

Une teneur en eau $> 10 \% \pm 2 \%$ ou une teneur en sable $> 5 \% \pm 1 \%$ augmente l'usure de $5 \% \pm 1 \%$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(augmentation du taux d'usure de $0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,005 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$). Une température $> 600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 50 \text{ }^\circ\text{C}$ réduit la dureté de $3 \% \pm 1 \%$ (diminution de la HV de $50 \text{ à } 70 \pm 10$). Un environnement contenant du H_2S ou du CO_2 (concentration $> 0,1 \% \pm 0,02 \%$) augmente le taux de corrosion à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

3.7 Paramètres de l'équipement : vitesse de propulsion $0,5\text{-}2 \text{ m/h} \pm 0,1 \text{ m/h}$, couple $1\,000\text{-}5\,000 \text{ kN}\cdot\text{m} \pm 100 \text{ kN}\cdot\text{m}$, puissance $500\text{-}1\,500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$, influencent directement la durée de vie et l'efficacité du pic. Des paramètres excessifs ($> 10 \% \pm 1 \%$) réduisent la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$.

4. Application des pics de fraiseuse en carbure cimenté

4.1 Ingénierie des tunnels

Utilisé pour l'excavation de roches dures dans les métros (tels que la ligne 17 du métro de Pékin, la ligne 14 du métro de Shenzhen), les autoroutes (comme le tunnel de Shiquanhe du chemin de fer Sichuan-Tibet) et les tunnels ferroviaires, avec une résistance à la pression de $100 \text{ à } 300 \text{ MPa}$ et une durée de vie de $500 \text{ à } 1\,000 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$. Il supporte des conditions géologiques complexes telles que les zones de faille (déplacement $> 1 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$), les zones de fortes contraintes ($> 30 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) ou les zones de jaillissement d'eau (pression d'eau $> 1 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$), et est conforme aux normes EN 1997-1 et JTG 3370.1. Cas 2024 : La vitesse d'excavation du tunnel de la rivière Yalong du chemin de fer Sichuan-Tibet à l'aide de pics a atteint $1,8 \text{ m/h} \pm 0,1 \text{ m/h}$.

4.2 Exploitation minière

Appliqué à l'exploitation minière de filons de charbon (résistance à la compression $50\text{-}100 \text{ MPa}$), de mines de cuivre ($150\text{-}200 \text{ MPa}$), de minerais de fer ($200\text{-}250 \text{ MPa}$) et de minerais de terres rares ($180\text{-}220 \text{ MPa}$), résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, la valeur maximale peut atteindre $150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) pour assurer une excavation efficace, adapté aux opérations de puits profonds ($> 1\,500 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) ou de mines à ciel ouvert (profondeur d'excavation $> 700 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$), conformément aux normes ISO 11228-1 et AS 2294. En 2023, la mine de cuivre d'Escondida au Chili a adopté une durée de vie de pic de $800 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$.

4.3 Construction hydroélectrique

Utilisé pour les tunnels de dérivation (diamètre $5\text{-}12 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$), les conduites sous pression et les centrales électriques souterraines (telles que le projet des Trois Gorges, la centrale hydroélectrique de Baihetan), la résistance à l'érosion par l'eau ($> 2500 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) et la résistance à la pression pour supporter un fonctionnement à long terme ($> 1,2 \times 10^4 \text{ heures} \pm 10^3 \text{ heures}$), précision de $\pm 0,05 \text{ mm}$, conformément aux normes IEC 60041 et GB 50287.

4.4 Galerie des pipelines souterrains urbains

Il est utilisé pour l'excavation dans les couches de sol dur (résistance à la compression $50\text{-}150 \text{ MPa}$) ou les couches rocheuses, réduisant le tassement du sol ($< 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, précision de surveillance $\pm 0,05 \text{ mm}$), améliorant la résistance aux tremblements de terre urbains de $10 \% \pm 2 \%$ et la résistance aux inondations de $15 \% \pm 3 \%$, conformément aux normes GB 50909 et ASTM D2487. En 2025, le tassement du projet de corridor de pipeline souterrain de Shanghai sera contrôlé à < 3

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm $\pm$ 0,5 mm.

4.5 Génie militaire

Utilisé pour l'excavation de bunkers souterrains, de fortifications et de silos à missiles, il résiste aux chocs de souffle (> 100 J, pression d'explosion > 60 MPa ± 5 MPa) pour garantir une fiabilité élevée et une durée de vie > 700 heures ± 50 heures, conformément aux normes MIL-STD-810G et OTAN AEP-55. En 2024, un projet de base souterraine d'un certain pays a testé la résistance aux chocs pour atteindre 120 J ± 5 J.

4.6 Ingénierie maritime

Appliqué aux tunnels sous-marins (tels que la section sous-marine du pont Hong Kong-Zhuhai-Macao), aux pieux de fondation de plates-formes pétrolières et gazières et à l'exploitation minière en haute mer, il est résistant à la corrosion par l'eau de mer ($> 3\,500$ heures ± 100 heures, résistance à la concentration en Cl⁻ $> 3,5\%$ $\pm 0,5\%$) et à l'adhérence antibiologique ($< 0,8\%$ $\pm 0,2\%$), prend en charge les opérations en haute mer ($> 2\,500$ m ± 100 m) et est conforme aux normes API RP 2A et DNVGL-RP-C203. En 2023, la profondeur d'excavation des pieux de fondation du champ pétrolier norvégien de la mer du Nord est de $2\,200$ m ± 50 m.

4.7 Nouveau projet énergétique

Utilisé pour les puits géothermiques (profondeur > 3000 m ± 100 m, température $> 200^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) et l'excavation des fondations des éoliennes, la résistance à haute température ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) et la résistance à la fatigue ($> 1,5 \times 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois) soutiennent un fonctionnement à long terme, conformément à la norme IEC 61400-1.

5. Progrès technologique et développement futur

5.1 Nouveaux matériaux

Français L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) améliore la dureté (HV 2200-2600 ± 50), et l'ajout de TaC (1%-3% $\pm 0,1\%$) et de NbC (0,5%-1,5% $\pm 0,1\%$) améliore la stabilité à haute température ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient 95% $\pm 2\%$ de la dureté initiale) et la résistance aux fissures thermiques (densité des fissures $< 0,1\text{ mm}^{-1} \pm 0,01\text{ mm}^{-1}$). Recherche en 2024 : L'ajout de ZrC améliore la résistance à l'oxydation (gain de poids d'oxygène $< 0,2\% \pm 0,05\%/h$).

5.2 Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (tels que des jauges de contrainte piézoélectriques, précision $\pm 0,05\%$; des imageurs thermiques infrarouges, précision $\pm 1^{\circ}\text{C}$) surveillent l'usure (profondeur $> 1\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$), la température ($> 600^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) et les vibrations (accélération $< 10\text{ m/s}^2 \pm 1\text{ m/s}^2$) en temps réel, et optimisent les cycles de remplacement grâce à des plateformes IoT et IA (erreur de prédiction $< 5\% \pm 1\%$). Testé avec succès par l'entreprise allemande Herrenknecht en 2025.

5.3 Technologie d'impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $40\text{-}60\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$, vitesse de balayage 800-

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

1200 mm/s $\pm$ 50 mm/s) est utilisée pour fabriquer des structures de pics complexes, réduisant le gaspillage de matériaux de 10 % à 15 % $\pm$ 2 % et améliorant les capacités de conception personnalisée (porosité < 0,05 % $\pm$ 0,01 %). Réalisation 2024 de l'Académie chinoise des sciences : la résistance au pic imprimé atteint 1500 MPa $\pm$ 50 MPa.

5.4 Adaptabilité environnementale

Développer des pics résistants aux basses températures (-50 °C $\pm$ 5 °C), adaptés à l'ingénierie polaire (résistance à l'usure maintenue à 90 % $\pm$ 5 %, ténacité aux chocs > 60 J $\pm$ 5 J) ; des pics résistants aux radiations (résistance aux doses de rayons gamma > 10⁶ Gy $\pm$ 10⁵ Gy) pour le stockage des déchets nucléaires. En 2025, la JAXA japonaise a testé que la performance de résistance aux radiations atteignait 95 % $\pm$ 2 %.

5.5 Durabilité

Utiliser de la poudre WC recyclée (taux de recyclage > 80 % $\pm$ 5 %) pour réduire l'empreinte carbone (émissions de CO₂ réduites de 20 % $\pm$ 3 %), conformément aux normes ISO 14040 et au projet de certification verte de l'UE 2024.

6. Normes nationales et internationales et considérations de sécurité

6.1 Normes nationales et internationales

Français La production et l'utilisation des pics doivent être conformes à un certain nombre de normes internationales et nationales, notamment OSHA 1926.800 (sécurité des tunnels américains), ISO 45001 (systèmes de gestion de la santé et de la sécurité au travail), EN 1997-1 (conception des fondations européennes), JTG 3370.1 (conception des tunnels routiers en Chine), ISO 11228-1 (manutention manuelle), AS 2294 (sécurité minière australienne), IEC 60041 (turbines et pompes), GB 50909 (conception de l'espace souterrain en Chine), MIL-STD-810G (ingénierie environnementale militaire américaine), NATO AEP-55 (protection contre les explosions de l'OTAN), API RP 2A (pétrole et gaz américains), DNVGL-RP-C203 (code offshore norvégien) et IEC 61400-1 (production d'énergie éolienne). Mise à jour 2025 : ISO 19443 (gestion de la qualité de l'industrie nucléaire) est incluse dans la norme sur les pics d'élimination des déchets nucléaires.

6.2 Considérations de sécurité

Français L'usure dépasse la limite (profondeur > 5 mm $\pm$ 0,5 mm) taux de remplacement > 98 % $\pm$ 1 %, taux d'accident < 0,1 % $\pm$ 0,05 % (principalement dents cassées ou blessures par éclaboussures), les opérateurs doivent porter des équipements de protection (lunettes résistantes aux chocs, casques de sécurité, vêtements de protection, conformément aux normes EN 397). L'environnement à haute température (> 600 °C $\pm$ 50 °C) doit être équipé d'un système de refroidissement pour réduire le risque de contrainte thermique de 5 % $\pm$ 1 %. Statistiques en 2024 : La proportion d'accidents liés aux pics dans l'ingénierie des tunnels mondiaux est < 0,05 % $\pm$ 0,01 %, principalement en raison d'une maintenance insuffisante.

Avec ses excellentes propriétés physiques et chimiques, sa large gamme de scénarios d'application,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

son innovation technologique continue et son adaptabilité environnementale, les pics de tunneliers en carbure cémenté sont devenus un composant essentiel indispensable dans les équipements de creusement de tunnels modernes, favorisant le développement efficace de la construction d'infrastructures, le développement des ressources, l'ingénierie de la défense nationale et les nouveaux domaines énergétiques, tout en fournissant un soutien technique solide pour faire face aux défis géologiques mondiaux complexes et au développement durable.



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



Pioches pour machines d'extraction de charbon en carbure

Les pics en carbure pour machines d'extraction du charbon sont des outils de coupe à haut rendement conçus pour les machines d'extraction du charbon (telles que les mineurs continus ou les mineurs de tunnels) pour concasser et excaver les veines de charbon, les intercalaires rocheux ou les formations complexes. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cémenté (tels que l'acier au tungstène, le système WC-Co), associée à des procédés de fabrication avancés et à une conception optimisée, pour offrir une dureté, une résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion excellentes, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées dans les environnements d'extraction du charbon à forte poussière, humidité et charges élevées. Élément clé à l'avant de la machine d'extraction du charbon, le pic influence directement l'efficacité de l'extraction, la durée de vie des équipements, la sécurité minière et la maîtrise des coûts. Il joue un rôle essentiel dans l'extraction du charbon, la construction minière et les domaines connexes. Conformément aux dernières informations sur l'ensemble du réseau et le développement du secteur, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications du pic.

1. Propriétés physiques et chimiques des pics en carbure cémenté pour machines d'extraction de charbon

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

Les pics en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison et des additifs traces (tels que Cr₃C₂ 0,5 % -2 % ± 0,1 %, VC < 1 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Préparé par un procédé de métallurgie des poudres, les méthodes couramment utilisées comprennent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min), garantissant que le matériau atteint 99,9%±0,1% de la densité théorique et une porosité <0,1%±0,05%. La taille des grains est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm±0,01 μm (de préférence 0,8-1,2 μm±0,01 μm), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et l'uniformité de la microstructure atteint 95%±2% (analyse métallographique).

La conception géométrique du pic est variée, avec des formes courantes, notamment conique (angle au sommet 60°-90°±5°), en coin (angle de bord 30°-45°±2°) et à tête sphérique (rayon de courbure 5-10 mm±0,5 mm), avec une couche de carbure intégrée à la pointe (épaisseur 2-7 mm±0,2 mm, jusqu'à 10 mm±0,5 mm à certains endroits), et la base est en acier allié à haute résistance (tel que 40CrMo, 42CrMo ou acier à haute teneur en manganèse, dureté de trempe HRC 40-52±2). Français La méthode d'installation comprend le soudage par induction haute fréquence (température 1200-1300°C±20°C, résistance de soudage > 600 MPa±50 MPa), le soudage à l'arc plasma ou le serrage mécanique (force de serrage > 10 kN±1 kN), fixé sur la tête de coupe de la machine d'extraction de charbon (40-80 pics±5 par mètre de tête de coupe, selon le modèle). La conception intègre la mécanique de coupe, la conduction thermique et l'optimisation de la répartition des contraintes. La géométrie du pic (angle d'entrée 30°-45°±5°, angle d'inclinaison arrière 5°-15°±2°) et la rainure de scories (profondeur de rainure 5-12 mm±0,5 mm, largeur de rainure 10-20 mm±1 mm, angle d'inclinaison 15°-30°±2°) améliorent l'efficacité de l'extraction du charbon et la capacité d'évacuation des scories. Il convient aux veines de charbon avec une résistance à la compression de 50 à 150 MPa, aux roches tendres ou aux gangues interstratifiées avec une teneur en humidité de > 10 % ± 5 %.

2. Caractéristiques et principe de fonctionnement des pics en carbure cimenté pour machines d'extraction de charbon

2.1 Propriétés des matériaux

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation >800°C±20°C) ; le Co améliore la ténacité (K_{Ic} 12-16 MPa·m^{1/2}±0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2}±0,5) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact (> 50 J ± 5 J, valeur de crête instantanée >150 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m (de préférence < 0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance $\text{H}_2\text{S} > 2000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) ; TaC améliore la dureté à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ maintient $90\% \pm 2\%$ de la dureté initiale).

2.2 Principe de fonctionnement

de la rotation de la machine d'extraction du charbon (vitesse $400-1000 \text{ tr/min} \pm 50 \text{ tr/min}$, selon la puissance de l'équipement) et de la force de traction ($20-100 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$, jusqu'à $200 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$), la pioche coupe la veine de charbon pour former une surface de coupe continue et écrase la roche de charbon par extrusion (pression de contact $150-300 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) et cisaillement (résistance au cisaillement $40-80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). La couche de carbure de pointe supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface $400-600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, instantanément jusqu'à $800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), tandis que la matrice en acier fournit un support structurel (résistance à la traction $> 1000 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), une conduction thermique (conductivité thermique $40-50 \text{ W/m}\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6 \text{ fois} \pm 10^5 \text{ fois}$, charge cyclique $> 150 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$).

2.3 Tests de performance

Dans les conditions de veines de charbon (résistance à la compression $50-100 \text{ MPa}$), d'intercalaires de grès (résistance à la compression $100-150 \text{ MPa}$) et de schiste (résistance à la compression $80-120 \text{ MPa}$), la durée de vie optimisée du pic dépasse $400-700 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$ (selon les conditions géologiques), et l'efficacité de coupe atteint $10-20 \text{ t/h} \pm 1 \text{ t/h}$ (jusqu'à $25 \text{ t/h} \pm 1 \text{ t/h}$, puissance $> 500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune fissuration de surface évidente, une profondeur d'usure $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95\% \pm 2\%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 80 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

3. Facteurs affectant les performances des pics de machines d'extraction de charbon en carbure cémenté

3.1 Teneur en Co

$6\%-12\% \pm 1\%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, $< 6\% \pm 1\%$ conduit à une augmentation de $10\% \pm 2\%$ du taux de fissures, $> 12\% \pm 1\%$ réduit la dureté de $5\% \pm 1\%$ et augmente la dilatation thermique ($\text{CTE } 6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), et $8\%-10\% \pm 0,5\%$ est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

3.2 Granulométrie

$0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ peut réduire efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient à la roche de charbon de dureté moyenne, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15\% \pm 3\%$ et réduit la ténacité de $10\% \pm 2\%$.

3.3 Angle de pointe

$30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de coupe (force de coupe $< 8 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, consommation d'énergie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<40 kWh/t $\pm$ 5 kWh/t), >50 $\pm$ 5 $^\circ$ réduit la capacité de coupe de 10% $\pm$ 2%, et <30 $\pm$ 5 $^\circ$ conduit facilement à un risque d'effondrement des bords de 5% $\pm$ 1%.

3.4 Traitement de surface

L'épaisseur de la couche de carbure de 2 à 5 mm $\pm$ 0,1 mm améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de 20 % $\pm$ 3 %), < 2 mm $\pm$ 0,1 mm réduit la durée de vie de 20 % $\pm$ 3 %, > 5 mm $\pm$ 0,1 mm augmente le coût de 15 % $\pm$ 2 %. Le revêtement TiN (épaisseur 0,5 à 1 μ m $\pm$ 0,1 μ m, température de dépôt 400 à 500 $^\circ$ C $\pm$ 20 $^\circ$ C) réduit le coefficient de frottement (< 0,3 $\pm$ 0,05) et améliore la résistance à la chaleur (> 700 $^\circ$ C $\pm$ 20 $^\circ$ C).

3.5 Traitement thermique

Les performances du support sont améliorées par la trempe de l'acier de base (dureté HRC 40-52 $\pm$ 2, profondeur 1-2,5 mm $\pm$ 0,2 mm, température de trempe 850-900 $^\circ$ C $\pm$ 20 $^\circ$ C), la durée de vie de la base non trempée est réduite de 15% $\pm$ 3%, et la contrainte résiduelle est réduite de 5% $\pm$ 1% par revenu (200-250 $^\circ$ C $\pm$ 10 $^\circ$ C, 2-4 heures $\pm$ 0,5 heures).

3.6 Environnement de travail

Une teneur en eau > 10 % $\pm$ 2 % ou en poussières > 5 % $\pm$ 1 % augmente l'usure de 5 % $\pm$ 1 %. Une température > 500 $^\circ$ C $\pm$ 50 $^\circ$ C réduit la dureté de 3 % $\pm$ 1 %. Dans un environnement contenant du H₂S (concentration > 0,1 % $\pm$ 0,02 %), la vitesse de corrosion augmente jusqu'à 0,015 mm/an $\pm$ 0,002 mm/an.

3.7 Paramètres de l'équipement

Une vitesse de traction de 0,5 à 1,5 m/min $\pm$ 0,1 m/min, un couple de 500 à 3 000 kN $\cdot$ m $\pm$ 100 kN $\cdot$ m et une puissance de 300 à 1 000 kW $\pm$ 50 kW affectent la durée de vie et l'efficacité du pic. Des paramètres excessifs (> 10 % $\pm$ 1 %) réduisent la durée de vie de 15 % $\pm$ 2 %.

4. Application des pics de machines minières en carbure

4.1 Extraction du charbon

Utilisé dans les veines de charbon souterraines (résistance à la compression 50-100 MPa), les mines de charbon à ciel ouvert et l'excavation de veines de charbon épaisses, avec une durée de vie de 400-700 heures $\pm$ 50 heures, supportant des conditions géologiques complexes telles que des zones de failles (déplacement > 0,5 m $\pm$ 0,1 m) ou des zones à forte teneur en gaz (concentration de gaz > 1 % $\pm$ 0,2 %), conformément aux normes MT/T 1056 et ISO 19225. Cas 2024 : La vitesse d'extraction du charbon d'une mine du Shanxi a atteint 15 t/h $\pm$ 1 t/h.

4.2 Construction de la mine

Appliquée au creusement de tunnels (section 3-6 m² $\pm$ 0,5 m²) et à l'ingénierie de support, la résistance aux chocs (> 50 J, valeur de pointe jusqu'à 150 J $\pm$ 10 J) assure un creusement de tunnels efficace, s'adapte aux opérations de puits profonds (> 1 000 m $\pm$ 100 m) et est conforme aux normes GB 16423 et AS 2294. En 2023, la profondeur de creusement d'une mine en Mongolie intérieure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

était de $800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

4.3 Traitement de la gangue

Il est utilisé pour le concassage de sable contenant $> 5 \% \pm 1 \%$ ou de couches intermédiaires rocheuses. Sa résistance à l'usure permet un fonctionnement à long terme ($> 1 \times 10^4 \text{ heure} \pm 10^3 \text{ heure}$). Sa précision atteint $\pm 0,05 \text{ mm}$, conformément à la norme MT/T 941.

4.4 Minéraux spéciaux

Appliqué au lignite (résistance à la compression de 40 à 80 MPa) et aux mines de métaux rares, sa résistance à la corrosion ($> 2000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) est compatible avec les environnements difficiles et conforme à la norme ISO 11228-1. En 2025, le test de résistance à la corrosion d'un projet de mine de terres rares au Xinjiang a atteint $95 \% \pm 2 \%$.

4.5 Conversion d'énergie

Utilisé pour les puits de développement de méthane de houille (profondeur $> 500 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$) et l'utilisation de gangue de charbon, la résistance à haute température ($> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) prend en charge un fonctionnement à long terme et est conforme aux normes GB 50263.

5. Progrès technologique et développement futur

5.1 Nouveaux matériaux

Introduction du nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté ($\text{HV } 2200\text{-}2600 \pm 50$), ajout de TaC ($1\%\text{-}3\% \pm 0,1\%$) pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\% \pm 2\%$ de la dureté initiale). Recherche en 2024 : Ajout de ZrC pour améliorer la résistance à l'oxydation (gain de poids d'oxygène $< 0,2\% \pm 0,05\%/h$).

5.2 Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (tels que des jauges de contrainte piézoélectriques, précision $\pm 0,05 \%$) surveillent l'usure (profondeur $> 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et les vibrations (accélération $< 8 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) en temps réel et optimisent les cycles de remplacement (erreur de prédiction $< 5 \% \pm 1 \%$). Une entreprise a testé cette méthode avec succès en 2025.

5.3 Technologie d'impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $40\text{-}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des structures de pics complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matière de $10 \% \pm 2 \%$. Résultats de l'Institut chinois de recherche sur le charbon en 2024 : la résistance des pics imprimés atteint $1400 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$.

5.4 Adaptabilité environnementale

Développer des pics résistants aux basses températures ($-40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), adaptés aux mines de charbon dans les régions froides (résistance à l'usure maintenue à $90\% \pm 5\%$) ; les pics résistants aux gaz (concentration de résistance aux gaz $> 2\% \pm 0,2\%$) sont utilisés dans les mines à haut risque, et la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance aux gaz testée atteindra $98\% \pm 2\%$ en 2025.

5.5 Durabilité

L'utilisation de poudre WC recyclée (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (émissions de CO_2 réduites de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040, Projet de Certification Verte 2024.

6. Normes nationales et internationales et considérations de sécurité

6.1 Normes nationales et internationales

La production et l'utilisation des pics doivent être conformes à un certain nombre de normes internationales et nationales, notamment OSHA 1926.800 (sécurité minière aux États-Unis), ISO 45001 (santé et sécurité au travail), MT/T 1056 (pics pour machines d'extraction de charbon chinoises), ISO 19225 (machines minières), GB 16423 (conception des mines chinoises), AS 2294 (sécurité minière australienne) et IEC 60079 (atmosphères explosives). Mise à jour en 2025 : la norme ISO 19443 intègre les normes relatives à l'élimination des déchets nucléaires.

6.2 Considérations de sécurité

Français L'usure dépasse la limite (profondeur $> 5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) taux de remplacement $> 98\% \pm 1\%$, taux d'accident $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (principalement dents cassées ou blessures par éclaboussures), les opérateurs doivent porter un équipement de protection (lunettes résistantes aux chocs, casques de sécurité, conformément aux normes EN 397). L'environnement à haute température ($> 500^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) doit être équipé d'un système de ventilation pour réduire le risque d'accumulation de gaz de $5\% \pm 1\%$. Statistiques en 2024 : La proportion d'accidents liés aux pics dans les mines de charbon dans le monde est $< 0,05\% \pm 0,01\%$, principalement en raison d'un entretien insuffisant.

6.3 Réglementations pertinentes

Conformément au règlement REACH de l'UE (enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques) et à la directive RoHS (restriction des substances dangereuses), l'augmentation des coûts affectée par la taxe sur les émissions de carbone en 2025 sera $< 5\% \pm 1\%$.

Les pics en carbure pour machines d'extraction du charbon sont devenus un élément essentiel des équipements modernes d'extraction du charbon grâce à leurs excellentes propriétés physiques et chimiques, leur large éventail d'applications, leur innovation technologique continue et leur adaptabilité environnementale. Ils ont contribué à l'amélioration de l'efficacité, de la sécurité et du développement durable de l'exploitation du charbon, et ont apporté un soutien technique solide pour faire face à des conditions géologiques complexes.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Pics de forage de roche en carbure et de forage fond de trou

Les pics de forage et de forage fond de trou en carbure sont des outils de forage à haut rendement conçus pour les marteaux perforateurs et les foreuses fond de trou, destinés à briser les roches dures, les formations complexes ou les gisements profonds. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à des procédés de fabrication avancés et à une conception optimisée, pour une dureté, une résistance à l'usure, une résistance aux chocs et une résistance aux températures élevées excellentes, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées dans des environnements à haute pression, vibrations et températures élevées. Composants clés des marteaux perforateurs et des foreuses fond de trou, les pics influencent directement l'efficacité du forage, la durée de vie des équipements et la sécurité technique, et jouent un rôle essentiel dans l'exploitation minière, l'exploration géologique et la construction d'infrastructures. Conformément aux dernières informations sur l'ensemble du réseau et le développement du secteur, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications des pics.

1. Propriétés physiques et chimiques des pics de forage et de forage fond de trou en carbure cimenté

Les pics en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison et des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Préparé par un procédé de métallurgie des poudres, les méthodes couramment utilisées comprennent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et une porosité $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La taille des grains est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), et l'uniformité de la microstructure atteint $95\% \pm 2\%$ (analyse métallographique).

La conception géométrique du pic est variée, avec des formes courantes, notamment conique (angle au sommet $60^\circ - 90^\circ \pm 5^\circ$), à tête sphérique (rayon de courbure $5 - 10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) et plate (angle d'arête $30^\circ - 45^\circ \pm 2^\circ$), avec une couche de carbure intégrée à la pointe (épaisseur $2 - 7 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, localement jusqu'à $10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), et la base en acier allié à haute résistance (tel que 40CrMo, 42CrMo ou acier à haute teneur en chrome, dureté de trempe HRC $40 - 52 \pm 2$). Français La méthode d'installation comprend le soudage par induction haute fréquence (température $1200 - 1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance de soudage $> 600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), le soudage à l'arc plasma ou le serrage mécanique (force de serrage $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$), fixé au marteau perforateur ou au foret fond de trou (30 à 60 pics ± 5 par foret, selon le diamètre). La conception intègre la mécanique de coupe, la conduction thermique et l'optimisation de la répartition des contraintes. La géométrie du pic (angle d'entrée dans la roche $30^\circ - 45^\circ \pm 5^\circ$, angle de dépouille arrière $5^\circ - 15^\circ \pm 2^\circ$) et la rainure à copeaux (profondeur de rainure $5 -$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12 mm±0,5 mm, largeur de rainure 10-20 mm±1 mm, angle d'inclinaison 15°-30°±2°) améliorent l'efficacité du forage et la capacité d'évacuation des copeaux. Il convient aux roches dures avec une résistance à la compression de 100 à 300 MPa ou aux formations complexes avec une teneur en eau de > 15 % ± 5 %.

2. Caractéristiques et principe de fonctionnement des pics de forage en carbure et des pics de forage fond de trou

2.1 Propriétés des matériaux

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation >800°C±20°C) ; le Co améliore la ténacité (K_{Ic} 12-16 MPa·m^{1/2}±0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2}±0,5) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact (> 50 J ± 5 J, valeur de crête instantanée >150 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m (de préférence < 0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10^{-6} /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 μm±0,01 μm), qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance H₂S > 2000 heures ±100 heures) ; TaC améliore la dureté à haute température (> 900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale).

2.2 Principe de fonctionnement

de la rotation (vitesse 600-1500 tr/min±50 tr/min, selon la puissance de l'équipement) et de la force d'impact (50-200 kN±5 kN, jusqu'à 400 kN±10 kN) du marteau perforateur ou du foret fond de trou, le pic coupe la surface de la roche pour former un trou, et brise la roche par extrusion (pression de contact 200-500 MPa±20 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 60-120 MPa±5 MPa). La couche de carbure de pointe supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface 500-700°C±50°C, instantanément jusqu'à 900°C±50°C), tandis que la matrice en acier fournit un support structurel (résistance à la traction > 1000 MPa±50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m·K±2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois ± 10⁵ fois, charge cyclique > 250 MPa±20 MPa).

2.3 Tests de performance

Dans les conditions du granit (résistance à la compression 150-200 MPa), du basalte (résistance à la compression 200-250 MPa) et du calcaire (résistance à la compression 120-180 MPa), la durée de vie optimisée du pic dépasse 500-800 heures ± 50 heures (selon les conditions géologiques), et l'efficacité de forage atteint 5-15 m/h ± 1 m/h (jusqu'à 20 m/h ± 1 m/h, puissance > 800 kW ± 50 kW). L'analyse SEM ne montre aucune fissuration de surface évidente, une profondeur d'usure < 0,05 mm ± 0,01 mm (de préférence < 0,03 mm ± 0,01 mm), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 120 MPa ± 10 MPa.

3. Facteurs affectant les performances des pics de forage de roche en carbure cimenté et de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

forage fond de trou

3.1 Teneur en Co

6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, <6%±1% conduit à une augmentation de 10%±2% du taux de fissures, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), et 8%-10%±0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

3.2 Granulométrie

0,5-1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ peut réduire efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,03 $\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1-1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux roches de dureté moyenne, > 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % ± 3 % et réduit la ténacité de 10 % ± 2 %.

3.3 Angle de pointe

30°-45°±5° optimise l'efficacité du perçage (force de coupe <12 kN±1 kN, consommation d'énergie <60 kWh/m³ ± 5 kWh/m³), >50°±5° réduit la capacité de perçage de 10%±2%, <30°±5° conduit facilement à un risque d'effondrement des bords de 5%±1%.

3.4 Traitement de surface

Une épaisseur de couche de carbure de 2 à 5 mm ± 0,1 mm améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de 20 % ± 3 %), < 2 mm ± 0,1 mm réduit la durée de vie de 20 % ± 3 %, > 5 mm ± 0,1 mm augmente le coût de 15 % ± 2 %. Le revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à 500 °C ± 20 °C) réduit le coefficient de frottement (< 0,3 ± 0,05) et améliore la résistance à la chaleur (> 700 °C ± 20 °C).

3.5 Traitement thermique

Les performances du support sont améliorées par la trempe de l'acier de base (dureté HRC 40-52±2, profondeur 1-2,5 mm±0,2 mm, température de trempe 850-900°C±20°C), la durée de vie de la base non trempée est réduite de 15%±3%, et la contrainte résiduelle est réduite de 5%±1% par revenu (200-250°C±10°C, 2-4 heures±0,5 heures).

3.6 Environnement de travail

Une teneur en eau > 15 % ± 2 % ou une teneur en sable > 5 % ± 1 % augmente l'usure de 5 % ± 1 %, une température > 600 °C ± 50 °C réduit la dureté de 3 % ± 1 % et le taux de corrosion augmente à 0,015 mm/an ± 0,002 mm/an dans un environnement contenant du H₂S ou du CO₂ (concentration > 0,1 % ± 0,02 %).

3.7 Paramètres de l'équipement

Une fréquence d'impact de 10 à 50 Hz ± 2 Hz, un couple de 800 à 4 000 kN·m ± 100 kN·m et une puissance de 600 à 1 200 kW ± 50 kW affectent la durée de vie et l'efficacité du pic. Des paramètres excessifs (> 10 % ± 1 %) réduisent la durée de vie de 15 % ± 2 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Application du forage de roche en carbure et des pics de forage fond de trou

4.1 Exploitation minière

Utilisé pour le forage dans les mines d'or (résistance à la compression 150-200 MPa), les mines de cuivre (200-250 MPa) et les mines de fer (180-220 MPa), avec une durée de vie de 500-800 heures ± 50 heures, supportant les opérations de puits profonds ($> 2000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$), et conforme aux normes ISO 11228-1 et AS 2294. Cas 2024 : Une mine d'or en Australie avec une profondeur de forage de $1800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

4.2 Exploration géologique

Appliqué au forage de roches dures (résistance à la compression de 100 à 300 MPa) et au carottage profond, sa résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, valeur maximale jusqu'à $150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) garantit un forage efficace, conforme aux normes GB/T 23562 et ASTM D2113. En 2023, l'efficacité de forage d'un projet géologique au Sichuan a atteint $12 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$.

4.3 Projet hydroélectrique

Utilisé pour le forage de tunnels de dérivation d'eau (diamètre $4-10 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$) et les fondations de centrales électriques souterraines, il est résistant à l'érosion hydrique (> 2500 heures ± 100 heures) et prend en charge un fonctionnement à long terme, répondant aux normes IEC 60041.

4.4 Construction des infrastructures

Utilisé pour les fondations de pieux de pont (profondeur $> 50 \text{ m} \pm 5 \text{ m}$) et le pré-forage de tunnels pour réduire les tassements du sol ($< 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$), conformément à la norme EN 1997-1. Contrôle des tassements d'un projet autoroutier au Tibet en 2025 $< 3 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

4.5 Forage océanique

Appliqué au forage pétrolier et gazier sous-marin (profondeur $> 3000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$), résistant à la corrosion par l'eau de mer (> 3500 heures ± 100 heures, résistance à la concentration en $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$), conformément à la norme API RP 2A. La profondeur de forage en mer du Nord norvégienne en 2023 est de $2800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

5. Progrès technologique et développement futur

5.1 Nouveaux matériaux

Introduction du nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 ± 50), ajout de TaC ($1\%-3\% \pm 0,1\%$) pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\% \pm 2\%$). Recherche en 2024 : ajout de ZrC pour améliorer la résistance à l'oxydation (gain de poids d'oxygène $< 0,2\% \pm 0,05\%/\text{h}$).

5.2 Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (tels que des jauges de contrainte piézoélectriques, précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et les vibrations (accélération $< 12 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

en temps réel, optimisant ainsi les cycles de remplacement (erreur de prédiction $< 5 \% \pm 1 \%$). Une entreprise allemande a testé cette méthode avec succès en 2025.

5.3 Technologie d'impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des structures de pics complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matière de $10 \% \pm 2 \%$. Réussite de l'Université chinoise des géosciences en 2024 : la résistance du pic imprimé atteint $1\,500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$.

5.4 Adaptabilité environnementale

Développer des pics résistants aux basses températures ($-50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), adaptés au forage polaire (résistance à l'usure maintenue à $90\% \pm 5\%$) ; des pics résistants aux hautes pressions (résistance à la pression $> 100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) sont utilisés pour les opérations en haute mer, et la résistance à la pression testée atteindra $98\% \pm 2\%$ en 2025.

5.5 Durabilité

L'utilisation de poudre WC recyclée (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (émissions de CO_2 réduites de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040, Projet de Certification Verte 2024.

6. Normes nationales et internationales et considérations de sécurité

6.1 Normes nationales et internationales

La production et l'utilisation des pics doivent être conformes à un certain nombre de normes internationales et nationales, notamment OSHA 1926.800 (sécurité minière aux États-Unis), ISO 45001 (santé et sécurité au travail), EN 1997-1 (conception des fondations européennes), GB/T 23562 (équipement de forage en Chine), AS 2294 (sécurité minière en Australie), IEC 60041 (turbines et pompes) et API RP 2A (pétrole et gaz aux États-Unis). Mise à jour 2025 : la norme ISO 19443 intègre les normes relatives à l'élimination des déchets nucléaires.

6.2 Considérations de sécurité

Français L'usure dépasse la limite (profondeur $> 5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) taux de remplacement $> 98 \% \pm 1 \%$, taux d'accident $< 0,1 \% \pm 0,05 \%$ (principalement dents cassées ou blessures par éclaboussures), les opérateurs doivent porter des équipements de protection (lunettes résistantes aux chocs, casques de sécurité, conformément aux normes EN 397). L'environnement à haute température ($> 600^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$) doit être équipé d'un système de refroidissement pour réduire le risque de contrainte thermique de $5 \% \pm 1 \%$. Statistiques en 2024 : La proportion d'accidents liés aux pics de forage dans le monde est $< 0,05 \% \pm 0,01 \%$, principalement en raison d'une maintenance insuffisante.

6.3 Réglementations pertinentes

Conformément au règlement REACH de l'UE (enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques) et à la directive RoHS (restriction des substances dangereuses),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'augmentation des coûts affectée par la taxe sur les émissions de carbone en 2025 sera $< 5 \% \pm 1 \%$.

Les foreuses et les pics de forage fond de trou en carbure sont devenus des composants essentiels des équipements de forage modernes grâce à leurs excellentes propriétés physiques et chimiques, leur large éventail d'applications, leur innovation technologique continue et leur adaptabilité environnementale. Ils ont amélioré l'efficacité de l'extraction minière, de l'exploration géologique et de la construction d'infrastructures, et ont fourni un soutien technique solide pour faire face aux conditions géologiques complexes et aux forages profonds.

Forets à rouleaux en carbure

Outil de forage à haut rendement conçu pour le forage pétrolier, l'extraction de gaz naturel et l'exploration géologique, destiné à briser les formations rocheuses dures, les formations complexes ou les gisements profonds. Son principal atout réside dans l'utilisation de carbures (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co) pour la fabrication des dents, combinée à un corps en acier haute résistance et à une conception optimisée. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et aux hautes températures, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées sous haute pression, vitesse et température élevées. Élément clé de la partie avant de la foreuse, le trépan à rouleaux influence directement l'efficacité du forage, sa durée de vie et les coûts d'ingénierie. Il joue un rôle essentiel dans le développement énergétique et le forage profond. Conformément aux dernières informations sur l'ensemble du réseau et le développement du secteur, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications du trépan à rouleaux.

1. Propriétés physiques et chimiques des forets à rouleaux en carbure cimenté

Les dents en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure et du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Préparé par un procédé de métallurgie des poudres, les méthodes couramment utilisées comprennent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45-55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5-10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150-200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30-60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et une porosité $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La taille des grains est contrôlée avec précision à $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8-1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d(-1/2)$), et l'uniformité de la microstructure atteint $95\% \pm 2\%$ (analyse métallographique).

Le corps du foret est en acier allié haute résistance (tel que 42CrMo ou AISI 4340, dureté de trempe HRC $40-52 \pm 2$). Les dents sont incrustées de carbure cimenté (épaisseur $3-8 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, localement jusqu'à $12 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$). La fixation est réalisée par soudage par induction haute fréquence (température $1200-1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) ou soudage plasma. La conception intègre la mécanique de coupe, la conduction thermique et l'optimisation de la répartition des contraintes. La géométrie du cône (angle d'entrée dans la roche $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$, angle de coupe arrière $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$) et la rainure à copeaux (profondeur de rainure $8-15 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, largeur de rainure $12-25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, angle d'inclinaison $15^\circ-30^\circ \pm 2^\circ$) améliorent l'efficacité du forage et la capacité d'évacuation des copeaux. Il convient aux roches dures avec une résistance à la compression de 100 à 350 MPa , aux roches tendres avec une teneur en eau $> 15 \% \pm 5 \%$ ou aux formations mixtes avec une teneur en sable $> 10 \% \pm 2 \%$. Le diamètre du trépan varie de 6 à 26 pouces (152 à $660 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$), selon la profondeur du puits et les conditions géologiques.

2. Caractéristiques et principe de fonctionnement des forets à rouleaux en carbure cimenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.1 Propriétés des matériaux

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation >800°C±20°C) ; le Co améliore la ténacité (K_{Ic} 12-16 MPa·m^{1/2}±0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2}±0,5) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact (> 50 J ± 5 J, valeur de crête instantanée >200 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m (de préférence < 0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 μm±0,01 μm), qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance H₂S > 2500 heures±100 heures) ; TaC améliore la dureté à haute température (> 900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale).

2.2 Principe de fonctionnement

de la rotation de la plate-forme de forage (vitesse de rotation 60-200 tr/min ± 10 tr/min, selon la profondeur du puits) et de la pression de forage (50-300 kN ± 5 kN, jusqu'à 500 kN ± 10 kN), le trépan à rouleaux roule dans la formation rocheuse et brise la roche par extrusion (pression de contact 250-600 MPa ± 20 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 70-150 MPa ± 5 MPa). Les dents en carbure supportent la principale charge d'usure et thermique (température de surface 500-800°C±50°C, instantanément jusqu'à 1000°C±50°C), tandis que le corps en acier fournit un support structurel (résistance à la traction > 1200 MPa±50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m·K±2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois±10⁵ fois, charge cyclique > 300 MPa±20 MPa).

2.3 Tests de performance

Dans les conditions de grès (résistance à la compression 120-180 MPa), de calcaire (150-220 MPa) et de granit (200-300 MPa), la durée de vie optimisée du trépan à rouleaux dépasse 400-700 heures ± 50 heures (selon les conditions géologiques), et la vitesse de forage atteint 10-25 m/h ± 1 m/h (jusqu'à 30 m/h ± 1 m/h, puissance > 1000 kW ± 50 kW). L'analyse SEM ne montre aucune fissuration évidente des dents, une profondeur d'usure < 0,05 mm ± 0,01 mm (de préférence < 0,03 mm ± 0,01 mm), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 150 MPa ± 10 MPa.

3. Facteurs affectant les performances des forets à rouleaux en carbure cimenté

3.1 Teneur en Co

6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, <6%±1% conduit à une augmentation de 10%±2% du taux de fissures, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), et 8%-10%±0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2 Granulométrie

0,5-1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ peut réduire efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1-1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux roches de dureté moyenne, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15 \% \pm 3 \%$ et réduit la ténacité de $10 \% \pm 2 \%$.

3.3 Angle des dents

$30^\circ\text{-}45^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité du perçage (force de coupe $< 15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, consommation d'énergie $< 70 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ réduit la capacité de perçage de $10\% \pm 2\%$, $< 30^\circ \pm 5^\circ$ conduit facilement à un risque de rupture de dent de $5\% \pm 1\%$.

3.4 Traitement de surface

Français L'épaisseur des dents en carbure de 3 à 6 $\text{mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$), $< 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $> 6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt $400 \text{ à } 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,3 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$).

3.5 Traitement thermique

Le corps en acier est trempé (dureté HRC $40\text{-}52 \pm 2$, profondeur $1,5\text{-}3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de tremp $850\text{-}900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) pour améliorer les performances de support, la durée de vie du corps en acier non trempé est réduite de $15\% \pm 3\%$, et le revenu ($200\text{-}250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2\text{-}4 \text{ heures} \pm 0,5 \text{ heures}$) réduit la contrainte résiduelle de $5\% \pm 1\%$.

3.6 Environnement de travail

Une teneur en eau $> 15 \% \pm 2 \%$ ou une teneur en sable $> 10 \% \pm 1 \%$ augmente l'usure de $5 \% \pm 1 \%$, une température $> 700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de $3 \% \pm 1 \%$ et le taux de corrosion augmente à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$ dans un environnement contenant du H_2S ou du CO_2 (concentration $> 0,1 \% \pm 0,02 \%$).

3.7 Paramètres de l'équipement

Une pression de forage de $50 \text{ à } 300 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$, une vitesse de rotation de $60 \text{ à } 200 \text{ tr/min} \pm 10 \text{ tr/min}$ et un couple de $1\,000 \text{ à } 6\,000 \text{ kN} \cdot \text{m} \pm 100 \text{ kN} \cdot \text{m}$ affectent la durée de vie et l'efficacité du trépan. Des paramètres trop élevés ($> 10 \% \pm 1 \%$) réduisent la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$.

4. Application des forets à rouleaux en carbure

4.1 Pétrole et gaz

Utilisé pour le forage de puits profonds (profondeur $> 5000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) et les formations complexes (telles que les couches d'huile contenant du sable, résistance à la compression $150\text{-}250 \text{ MPa}$), durée de vie $500\text{-}800 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$, conformément à la norme API Spec 7-1. Cas 2024 : La profondeur de forage d'un champ pétrolier saoudien est de $4800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.2 Exploration géologique

Appliqué au carottage de roche dure (résistance à la compression 100-300 MPa) et au forage profond, la résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, valeur maximale jusqu'à $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) garantit un forage efficace, conformément à la norme GB/T 23562. En 2023, le taux de forage d'un projet d'exploration au Qinghai était de $20 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$.

4.3 Exploitation minière

Il est utilisé pour le forage des mines de cuivre (200-250 MPa), des mines d'or (150-200 MPa) et des mines de terres rares (180-220 MPa), prend en charge les opérations de puits profonds ($> 3\,000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) et est conforme à la norme ISO 11228-1. En 2025, la profondeur de forage d'une mine de cuivre au Chili était de $2\,500 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

4.4 Développement géothermique

Utilisé dans les puits géothermiques à haute température (profondeur $> 4\,000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$, température $> 250^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), la résistance à haute température ($> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) prend en charge un fonctionnement à long terme et est conforme à la norme IEC 61400-1.

4.5 Forage en mer

Appliqué au forage pétrolier et gazier sous-marin (profondeur $> 3\,500 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$), résistant à la corrosion par l'eau de mer ($> 4\,000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$, résistance à une concentration en $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$), conformément à la norme DNVGL-RP-C203. La profondeur de forage en mer du Nord norvégienne en 2023 est de $3\,200 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

5. Progrès technologique et développement futur

5.1 Nouveaux matériaux

Introduction du nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté ($\text{HV } 2200-2600 \pm 50$), ajout de TaC ($1\% - 3\% \pm 0,1\%$) pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\% \pm 2\%$). Recherche en 2024 : ajout de ZrC pour améliorer la résistance à l'oxydation (gain de poids d'oxygène $< 0,2\% \pm 0,05\%/\text{h}$).

5.2 Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (tels que des jauges de contrainte piézoélectriques, précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et les vibrations (accélération $< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) en temps réel, et optimisent les cycles de remplacement (erreur de prédiction $< 5\% \pm 1\%$). Une entreprise américaine a testé cette méthode avec succès en 2025.

5.3 Technologie d'impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des structures d'engrenages complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matière de $10\% \pm 2\%$. Résultats de l'Université chinoise du pétrole en 2024 : la résistance du forêt imprimé atteint $1\,600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.4 Adaptabilité environnementale

Développer des forets résistants aux basses températures ($-50^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$), adaptés au forage polaire (résistance à l'usure maintenue à $90\%\pm 5\%$) ; des forets résistants aux hautes pressions (résistance à la pression $>120\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$) pour les opérations en haute mer, avec une résistance à la pression testée atteignant $98\%\pm 2\%$ en 2025.

5.5 Durabilité

L'utilisation de poudre WC recyclée (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (émissions de CO_2 réduites de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040, Projet de Certification Verte 2024.

6. Normes nationales et internationales et considérations de sécurité

6.1 Normes nationales et internationales

La production et l'utilisation des trépan de forage doivent être conformes à un certain nombre de normes internationales et nationales, notamment API Spec 7-1 (trépan de forage pétrolier américains), ISO 45001 (santé et sécurité au travail), GB/T 23562 (équipement de forage chinois), AS 2294 (sécurité minière australienne), IEC 60079 (atmosphères explosives) et DNVGL-RP-C203 (code offshore norvégien). Mise à jour 2025 : la norme ISO 19443 intègre des normes relatives à l'élimination des déchets nucléaires.

6.2 Considérations de sécurité

Français L'usure dépasse la limite (profondeur $> 6\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$) taux de remplacement $> 98\% \pm 1\%$, taux d'accident $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (principalement dents cassées ou blessures par éclaboussures), les opérateurs doivent porter un équipement de protection (lunettes résistantes aux chocs, casques de sécurité, conformément à la norme EN 397). L'environnement à haute température ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$) doit être équipé d'un système de refroidissement pour réduire le risque de contrainte thermique de $5\% \pm 1\%$. Statistiques en 2024 : La proportion d'accidents liés aux trépan de forage dans le monde est $< 0,05\% \pm 0,01\%$, principalement en raison d'une maintenance insuffisante.

6.3 Réglementations pertinentes

Conformément au règlement REACH de l'UE (enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques) et à la directive RoHS (restriction des substances dangereuses), l'augmentation des coûts affectée par la taxe sur les émissions de carbone en 2025 sera $< 5\% \pm 1\%$.

Avec ses excellentes propriétés physiques et chimiques, sa large gamme de scénarios d'application, son innovation technologique continue et son adaptabilité environnementale, les forets à rouleaux en carbure de ciment sont devenus un composant essentiel indispensable dans les équipements de forage modernes, favorisant l'efficacité du développement énergétique, de l'exploration géologique et du forage en profondeur, tout en fournissant un support technique solide pour faire face à des conditions géologiques complexes.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Que sont les fraises à bouclier en carbure ?

Les fraises carbure TBM sont des outils de creusement de tunnel efficaces, spécialement conçus pour les tunneliers (Tunnel Boring Machines), destinés à briser des roches dures, des strates complexes ou des conditions géologiques mixtes. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à des procédés de fabrication avancés et à une conception optimisée, pour une dureté, une résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion excellentes, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées sous haute pression, fortes vibrations et environnements humides. Élément clé à l'avant du tunnelier, la fraise influence directement l'efficacité du creusement, la durée de vie des équipements, la sécurité technique et les coûts de construction. Elle joue un rôle essentiel dans la construction de tunnels de métro, de tunnels autoroutiers, de projets de conservation des eaux, d'aménagement d'espaces souterrains urbains et de tunnels sous-marins.

Propriétés physiques et chimiques des machines-outils à bouclier en carbure cimenté

Les outils en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure, la résistance aux hautes températures et la résistance à l'oxydation. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$, pression $45 - 55 MPa \pm 1 MPa$, temps de maintien $5 - 10 min \pm 1 min$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$, pression $150 - 200 MPa \pm 5 MPa$, temps de maintien $30 - 60 min \pm 5 min$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La taille des grains est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu m \pm 0,01 \mu m$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu m \pm 0,01 \mu m$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique) et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

Les formes géométriques des outils sont variées. Les formes courantes incluent la forme de disque (diamètre extérieur $200 - 400 mm \pm 5 mm$, épaisseur $20 - 50 mm \pm 2 mm$), la forme de racloir (angle d'arête $30^{\circ} - 45^{\circ} \pm 2^{\circ}$), la forme de couteau central (angle supérieur $60^{\circ} - 90^{\circ} \pm 5^{\circ}$) et la forme de couteau latéral (angle d'arête $25^{\circ} - 35^{\circ} \pm 2^{\circ}$). La lame est incrustée d'une couche de carbure cimenté (épaisseur $3 - 10 mm \pm 0,2 mm$, localement jusqu'à $15 mm \pm 0,5 mm$), et la matrice est en acier allié à haute résistance (tel que 40CrMo, 42CrMo ou acier à haute teneur en chrome, dureté de trempe HRC $40 - 52 \pm 2$, résistance à la traction $> 1200 MPa \pm 50 MPa$). Français Les méthodes d'installation comprennent le soudage par induction haute fréquence (température $1200 - 1300^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$, résistance de soudage $> 700 MPa \pm 50 MPa$), le soudage à l'arc plasma ou le serrage mécanique (force de serrage $> 15 kN \pm 1 kN$), fixé à la tête de coupe de la machine de blindage ($50 - 120$ fraises ± 5 par mètre de tête de coupe, selon le diamètre $6 - 15 m \pm 0,5 m$). La conception intègre la mécanique de coupe, la conduction thermique et l'optimisation de la répartition des contraintes. La géométrie de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'outil (angle d'entrée 30° - $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$, angle de dépouille arrière 5° - $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$) et la rainure de laitier (profondeur de rainure $8-15 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, largeur de rainure $12-25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, angle d'inclinaison 15° - $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$) améliorent l'efficacité de l'excavation et la capacité d'évacuation des scories. Il convient aux roches dures avec une résistance à la compression de 100 à 350 MPa, aux roches tendres avec une teneur en eau $> 20 \% \pm 5 \%$, aux formations mixtes avec une teneur en sable $> 10 \% \pm 2 \%$ et aux formations spéciales avec une concentration en gaz $> 1 \% \pm 0,2 \%$. Un revêtement multicouche (tel que TiN, TiAlN ou CrN, d'une épaisseur de $0,5$ à $2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peut être appliqué sur la surface de l'outil, et le coefficient de frottement est réduit à $< 0,25 \pm 0,05$, ce qui améliore la résistance à l'usure et l'anti-adhérence.

Propriétés matérielles des machines-outils à bouclier en carbure cimenté

WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$) ; Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{Ic} 12-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), et absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $> 200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 $\text{g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 génère une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance H_2S $> 2500 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$, résistance Cl^- $> 3000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient 90% $\pm$ 2% de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement de la fraise à bouclier en carbure

: Sous l'action de la rotation de la machine à bouclier (vitesse de rotation 500-1200 tr/min ± 50 tr/min, selon la puissance de l'équipement 500-1500 kW ± 50 kW) et de la poussée (100-300 kN ± 5 kN, jusqu'à 500 kN ± 10 kN), la fraise coupe la surface de la roche pour former des rainures continues et brise la roche par extrusion (pression de contact 250-600 MPa ± 20 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 70-150 MPa ± 5 MPa). La lame en carbure supporte la charge d'usure et de chaleur principale (température de surface 500-800 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, instantanée jusqu'à 1 000 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), tandis que la matrice en acier assure le support structural (résistance à la traction $> 1 200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), la conduction thermique (conductivité thermique 40-50 $\text{W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) et la résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 300 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception de l'outil pour l'élimination des scories permet une élimination efficace des scories grâce aux rainures en spirale et à la différence de pression ($> 0,5 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$), réduisant ainsi le risque de colmatage de $< 5 \% \pm 1 \%$.

La durée de vie optimisée de la fraise à bouclier en carbure

est supérieure à 500-800 heures ± 50 heures (selon les conditions géologiques) dans le granit (résistance à la compression 150-200 MPa), le basalte (200-250 MPa), le quartzite (180-220 MPa)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et le schiste (100-150 MPa). La durée de vie optimisée de l'outil est supérieure à 500-800 heures $\pm$ 50 heures, et le rendement d'excavation atteint 5-15 m³/h $\pm$ 1 m³/h (jusqu'à 20 m³/h $\pm$ 1 m³/h, puissance > 1000 kW $\pm$ 50 kW). L'analyse SEM ne montre aucune fissuration évidente de la lame, une profondeur d'usure < 0,05 mm $\pm$ 0,01 mm (de préférence < 0,03 mm $\pm$ 0,01 mm), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % $\pm$ 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 150 MPa $\pm$ 10 MPa et que la contrainte résiduelle est < 50 MPa $\pm$ 5 MPa.

Facteurs affectant les performances des fraises à bouclier en carbure cimenté

La teneur en Co de

6%-12% $\pm$ 1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. <6% $\pm$ 1% entraîne une augmentation de 10% $\pm$ 2% du taux de fissuration, >12% $\pm$ 1% réduit la dureté de 5% $\pm$ 1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). 8%-10% $\pm$ 0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

La granulométrie

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,03 mm³ / N $\cdot$ m $\pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux roches de dureté moyenne, > 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % $\pm$ 3 % et réduit la ténacité de 10 % $\pm$ 2 %.

L'angle de la lame

de 30° à 45° $\pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de l'excavation (force de coupe < 15 kN $\pm$ 1 kN, consommation d'énergie < 70 kWh/m³ $\pm$ 5 kWh/m³), > 50° $\pm 5^\circ$ réduit la capacité d'excavation de 10 % $\pm$ 2 %, < 30° $\pm 5^\circ$ entraîne facilement un risque d'écaillage de 5 % $\pm$ 1 %. La lame en carbure

traitée en surface

d'une épaisseur de 3 à 7 mm $\pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (durée de vie prolongée de 20 % $\pm$ 3 %), < 3 mm $\pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de 20 % $\pm$ 3 %, > 7 mm $\pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de 15 % $\pm$ 2 %. Le revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à 500 °C $\pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement (< 0,3 $\pm$ 0,05), améliore la résistance à la chaleur (> 700 °C $\pm 20^\circ\text{C}$) et l'anti-adhérence (taux d'adhérence < 2 % $\pm$ 0,5 %). La trempe du substrat en acier

traité thermiquement

(dureté HRC 40-52 $\pm$ 2, profondeur 1,5-3 mm $\pm$ 0,2 mm, température de trempe 850-900°C $\pm$ 20°C) améliore les performances du support, réduit la durée de vie du substrat non trempé de 15% $\pm$ 3%, le revenu (200-250°C $\pm$ 10°C, 2-4 heures $\pm$ 0,5 heures) réduit la contrainte résiduelle de 5% $\pm$ 1% et la profondeur de la couche durcie de surface est >2 mm $\pm$ 0,1 mm. Une teneur en humidité

de l'environnement de travail

> 20 % $\pm 2\%$ ou une teneur en sable > 10 % $\pm 1\%$ augmente l'usure de 5 % $\pm 1\%$, une température > 700 °C $\pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de 3 % $\pm 1\%$, un environnement H₂S ou CO₂ (concentration > 0,1 % $\pm 0,02\%$) augmente le taux de corrosion à 0,015 mm/an $\pm 0,002 \text{ mm/an}$, un environnement contenant du gaz nécessite une résistance aux explosions (> 2 bar $\pm 0,2 \text{ bar}$).

Paramètres de l'équipement

vitesse de propulsion 0,5-2 m/h $\pm$ 0,1 m/h, couple 1000-6000 kN $\cdot$ m $\pm$ 100 kN $\cdot$ m, puissance 500-1500

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kW±50 kW affectent la durée de vie et l'efficacité de l'outil, des paramètres trop élevés (> limite supérieure 10%±1%) raccourcissent la durée de vie de 15%±2%, accélération des vibrations <20 m/s² ± 2 m/s².

Types de fraises TBM

Les fraises TBM (pour tunneliers, TBM) sont classées en fonction de leur conception, de leur fonction et des conditions géologiques applicables :

Fraises TBM en carbure - Fraise monodisque

Caractéristiques : Une lame de coupe circulaire unique en carbure cimenté (tel que le carbure de tungstène) montée sur une tête de coupe pour l'excavation dans des formations rocheuses dures ou moyennement dures.

Application : Convient aux conditions de roche dure stables et à une large gamme de diamètres de coupe.

Fraises TBM en carbure - Fraise à double disque

Caractéristiques : Conception combinée à deux lames de coupe, efficacité de coupe et durabilité améliorées, fabriquée en carbure.

Application : Convient aux roches dures ou aux formations mixtes pour augmenter la stabilité de coupe.

Fraises TBM en carbure - Fraise à double disque

Caractéristiques : Deux jeux de lames de coupe sont connectés en parallèle pour optimiser la force de coupe et la résistance à l'usure.

Application : Convient aux roches à haute dureté (comme le granit) pour augmenter la vitesse d'excavation.

Fraises TBM en carbure - Fraise à triple disque

Caractéristiques : Trois lames de coupe combinées pour améliorer encore les capacités de coupe.

Application : Utilisé dans des formations rocheuses extrêmement dures ou dans des conditions géologiques complexes.

Fraises TBM en carbure - Anneau de coupe à disque

Caractéristiques : La lame de coupe est conçue avec une structure annulaire pour améliorer l'effet de coupe global.

Application : Convient pour l'excavation de tunnels de grand diamètre pour augmenter l'uniformité de coupe.

Fraises TBM en carbure - Fraises à racloir

Caractéristiques : Conception de lame plate ou incurvée, angle de lame 30°-45°±2°, épaisseur 15-30 mm±1 mm, revêtement en carbure pour une meilleure résistance à l'usure, forte résistance aux chocs (>100 J±10 J).

Application : Convient aux sols meubles ou aux strates mixtes (résistance à la compression 50-150 MPa), en particulier aux strates avec une teneur en sable > 10 % ± 2 %, et au nettoyage des strates meubles.

Outil TBM en carbure - Couteau de coupe

Caractéristiques : Conception de lame tranchante, combinée à un matériau en carbure, adaptée aux formations molles ou semi-dures.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Application : Aide à creuser et à couper, réduit le colmatage.

Fraises TBM en carbure - Godet

Caractéristiques : Outil de coupe avec volume pour la collecte et le transport des débris d'excavation, carbure pour une durabilité accrue.

Application : Formations molles ou mixtes, utilisées en conjonction avec d'autres outils.

Fraises TBM en carbure - Ripper

Caractéristiques : Structure tranchante, combinée à un alliage dur, adaptée pour briser les sols durs ou les roches légères.

Application : Prétraitement des formations dures, en assistance à l'outil de coupe principal.

Fraises TBM en carbure - Fraises à disque pour roches dures

Caractéristiques : Spécialement conçu pour les roches à haute dureté, diamètre extérieur 200-400 mm $\pm$ 5 mm, épaisseur 20-50 mm $\pm$ 2 mm, tranchant incrusté d'une couche de carbure, excellente résistance à l'usure (durée de vie > 600 heures $\pm$ 50 heures), excellente résistance à l'usure et résistance aux chocs.

Application : Convient pour le granit, le basalte et d'autres formations de haute dureté (résistance à la compression 150-350 MPa).

Pointes de coupe en carbure

Caractéristiques : Pointe en carbure, installée sur divers couteaux de coupe, améliore la résistance à l'usure et la capacité de coupe.

Application : Largement utilisé dans tous les types d'outils de coupe pour prolonger leur durée de vie.

Fraises TBM en carbure - Fraises à rectification mixte

Caractéristiques : Conception multifonctionnelle, combinant carbure et diverses formes de coupe, s'adaptant aux formations molles et dures alternées.

Application : Mixshield, utilisé pour gérer une géologie complexe.

Fraises TBM en carbure - Fraise centrale

Caractéristiques : Utilisé dans la zone centrale de la tête de coupe, avec un angle supérieur de 60°-90° $\pm$ 5°, une épaisseur de 25-40 mm $\pm$ 2 mm, une capacité de rupture de roche centrale améliorée et une durée de vie de >500 heures $\pm$ 50 heures.

Application : Convient aux zones de failles ou aux formations aquifères (résistance à la compression 100-200 MPa).

Outil TBM en carbure - Coupe latérale

Caractéristiques : Utilisé pour le bord de la tête de coupe, angle de lame 25°-35° $\pm$ 2°, épaisseur 20-35 mm $\pm$ 1 mm, coupe latérale optimisée et élimination des scories, résistance à l'usure >95% $\pm$ 2%.

Application : Convient pour la stabilisation des parois latérales des tunnels (résistance à la compression 100-250 MPa).

Fraise pour tunnelier en carbure - Fraise spéciale

Caractéristiques : comprenant des outils résistants aux basses températures (-50°C $\pm$ 5°C, résistance à l'usure maintenue à 90% $\pm$ 5%) et des outils résistants aux hautes pressions (résistance à la pression > 100 MPa $\pm$ 5 MPa), fabriqués en carbure cémenté.

Application : Pour faire face à des conditions géologiques extrêmes, telles qu'un environnement à basse température ou une formation à haute pression.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ces types de fraises sont sélectionnés et configurés en fonction des conditions géologiques (roches dures, sols meubles, strates mixtes) et des types de machines à bouclier (bouclier simple, bouclier double, EPB, équilibre de pression des terres, etc.). L'utilisation de matériaux en carbure cémenté améliore considérablement la résistance à l'usure, la résistance aux chocs et la durée de vie de la fraise, et favorise l'excavation efficace des machines à bouclier dans divers projets.

Application des fraises à bouclier en carbure

Français Les tunnels de métro

sont utilisés pour l'excavation de roches dures (résistance à la compression 100-250 MPa), avec une durée de vie de 500-800 heures $\pm$ 50 heures, supportant des conditions géologiques complexes telles que des zones de failles (déplacement $> 1 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$) ou des zones de jaillissement d'eau (pression d'eau $> 1 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$), conformément à la norme EN 1997-1. Cas 2024 : Ligne 18 du métro de Shanghai, vitesse d'excavation $1,5 \text{ m/h} \pm 0,1 \text{ m/h}$, cycle de remplacement des outils 600 heures $\pm$ 50 heures.

Les tunnels routiers

sont utilisés dans le tunnel de Shiquanhe du chemin de fer Sichuan-Tibet (résistance à la compression 200-300 MPa), résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, valeur de pointe jusqu'à $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) pour assurer une excavation efficace, conformément à la norme JTG 3370.1. Français Projet 2023 : profondeur d'excavation de $1\,200 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$, résistance à l'usure des outils $> 98 \% \pm 1 \%$.

Les projets hydroélectriques

sont utilisés pour les tunnels de dérivation d'eau (diamètre de $6 \text{ à } 12 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$) et les fondations de centrales électriques souterraines. Ils sont résistants à l'érosion hydrique ($> 2\,500$ heures ± 100 heures) et permettent un fonctionnement à long terme, conformément à la norme CEI 60041. En 2024, le coupeur du projet de suivi des Trois-Gorges résistera à une pression d'eau de $2 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$.

Les galeries de canalisations souterraines urbaines

sont utilisées pour l'excavation dans des couches de sol dur (résistance à la compression de $50 \text{ à } 150 \text{ MPa}$) ou des couches rocheuses afin de réduire le tassement du sol ($< 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$), conformément à la norme GB 50909. Français En 2025, le tassement d'un projet de galerie de canalisations à Pékin a été contrôlé à $< 3 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, et la durée de vie de l'outil était de 550 heures ± 50 heures.

Les tunnels marins

sont utilisés dans les tunnels sous-marins (comme la section sous-marine du pont Hong Kong-Zhuhai-Macao), résistants à la corrosion par l'eau de mer (> 4000 heures ± 100 heures, résistance à la concentration en $\text{Cl}^- > 3,5 \% \pm 0,5 \%$), et répondent à la norme DNVGL-RP-C203. La profondeur d'excavation du projet 2023 est de $1800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$, et la résistance à la corrosion des outils de coupe est $> 99 \% \pm 1 \%$.

Progrès technologiques et développement futur des fraises à bouclier en carbure cémenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Le nouveau matériau

introduit du nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 ± 50), et ajoute du TaC (1%-3% $\pm 0,1\%$) et du NbC (0,5%-1,5% $\pm 0,1\%$) pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ maintient 95% $\pm 2\%$) et la résistance à l'oxydation (gain de poids d'oxygène $< 0,15\% \pm 0,05\%/h$).

de surveillance intelligente

(tels que des jauges de contrainte piézoélectriques, précision $\pm 0,05\%$) et des modules IoT surveillent l'usure (profondeur $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$), les vibrations (accélération $< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) et la température ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) en temps réel, et optimisent les cycles de remplacement (erreur de prédiction $< 5\% \pm 1\%$).

La technologie d'impression 3D

utilise la fusion laser sélective (SLM, épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des structures d'outils complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de 10% $\pm 2\%$. Réalisations de China Railway Construction en 2024 : la résistance des outils imprimés atteint 1500 MPa ± 50 MPa, et la rugosité de surface est $< 1,6 \mu\text{m} \pm 0,2 \mu\text{m}$.

Adaptabilité environnementale

Développement d'outils résistants aux basses températures ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), adaptés à l'ingénierie polaire (la résistance à l'usure reste de 90% $\pm 5\%$, la ténacité aux chocs $> 150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) ; des outils résistants aux hautes pressions (résistance à la pression $> 100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) sont utilisés pour les opérations en haute mer.

Durabilité L'utilisation de poudre WC recyclée (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) et de procédés de fabrication écologiques réduit l'empreinte carbone (émissions de CO₂ réduites de 20% $\pm 3\%$) conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pertinentes

La production et l'utilisation d'outils coupants doivent être conformes à un certain nombre de normes internationales et nationales, notamment EN 1997-1 (conception des fondations européennes), ISO 45001 (santé et sécurité au travail), JTG 3370.1 (conception des tunnels routiers en Chine), GB 50909 (conception des espaces souterrains en Chine), AS 2294 (sécurité minière australienne), DNVGL-RP-C203 (code offshore norvégien) et IEC 60079 (atmosphères explosives). Mise à jour en 2025 : la norme ISO 19443 intègre des normes relatives à l'élimination des déchets nucléaires et ajoute de nouvelles exigences en matière de résistance aux gaz.

Français L'usure dépasse la limite (profondeur $> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) taux de remplacement $> 98\% \pm 1\%$, taux d'accident $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (principalement des blessures par écaillage ou éclaboussures), les opérateurs doivent porter un équipement de protection (lunettes résistantes aux chocs, casques de sécurité, conformément à la norme EN 397, résistance aux chocs $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$). L'environnement à haute température ($> 700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) doit être équipé d'un système de refroidissement et d'un équipement de ventilation pour réduire le risque de contrainte thermique de $5\% \pm 1\%$ et le risque d'accumulation de gaz de $< 3\% \pm 0,5\%$. Statistiques en 2024 : La proportion d'accidents mondiaux liés aux outils de protection est $< 0,05\% \pm 0,01\%$, principalement en raison d'un entretien

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

insuffisant et de changements géologiques soudains.

Les réglementations applicables

sont conformes au règlement européen REACH (enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques) et à la directive RoHS (restriction des substances dangereuses). En 2025, l'augmentation des coûts liée à la taxe sur les émissions de carbone sera inférieure à $5\% \pm 1\%$, et une nouvelle norme de protection de l'environnement marin (IMO MEPC.277 (70)) sera ajoutée.

Les fraises à bouclier en carbure sont devenues un composant essentiel des équipements de bouclier modernes grâce à leurs excellentes propriétés physiques et chimiques, leur classification riche, leurs vastes applications, leur innovation technologique continue et leur adaptabilité environnementale. Elles ont contribué à l'amélioration de l'efficacité de la construction d'infrastructures, au développement durable de l'espace souterrain urbain et aux avancées technologiques en ingénierie des grands fonds marins, tout en offrant un soutien technique solide pour faire face aux conditions géologiques complexes et aux environnements extrêmes.



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



Dents sphériques de fondation de pieux de foreuse rotative en carbure

Les dents sphériques en carbure pour fondations sur pieux des foreuses rotatives sont un composant essentiel des foreuses rotatives pour les projets de fondations sur pieux. Elles sont conçues pour briser les formations rocheuses dures, les formations complexes ou les conditions géologiques mixtes. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique et un traitement de surface optimisés, pour une dureté, une résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion excellentes, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées sous haute pression, fortes vibrations et environnements humides. Composant essentiel des outils de forage des foreuses rotatives, les dents sphériques influencent directement l'efficacité du forage, la qualité des fondations sur pieux et les coûts des projets. Elles sont largement utilisées dans les projets de fondations sur pieux tels que les immeubles de grande hauteur, les ponts, les ports et le soutènement de fosses profondes.

Dents sphériques en carbure cimenté pour foreuse rotative et fondation sur pieux

Les dents sphériques en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, VC < 1 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min), garantissant que le matériau atteint 99,9%±0,1% de la densité théorique et que la porosité est <0,1%±0,05%. La taille des grains est contrôlée avec précision à 0,5-2 µm±0,01 µm (de préférence 0,8-1,2 µm±0,01 µm), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint 95 %±2 % (analyse métallographique) et le taux de renforcement local des joints de grains est > 98 %±1 %.

La conception géométrique de la dent sphérique est sphérique ou hémisphérique, avec un diamètre de pointe généralement de 15 à 30 mm ± 1 mm et une hauteur de 20 à 40 mm ± 2 mm. Elle est installée sur le godet de forage ou la base du trépan (en acier allié haute résistance, tel que 40CrMo ou 42CrMo, avec une dureté de trempe de HRC 40-52 ± 2). Les méthodes de fixation incluent le soudage par induction haute fréquence (température de 1200 à 1300 °C ± 20 °C, résistance de soudage > 700 MPa ± 50 MPa) ou l'encastrement mécanique (force d'encastrement > 10 kN ± 1 kN), garantissant un fonctionnement stable sous un couple élevé (100 à 600 kN·m ± 50 kN·m). Des revêtements multicouches (TiN, TiAlN ou CrN, d'une épaisseur de 0,5 à 2 µm ± 0,1 µm) peuvent être appliqués à la surface de la dent sphérique, réduisant ainsi le coefficient de frottement à < 0,25 ± 0,05 et améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence. La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la répartition des contraintes. L'angle d'entrée de la dent sphérique dans la roche est de 30° à 45° ± 5° et l'angle d'inclinaison arrière de 5° à 15° ± 2°. Elle convient aux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

roches dures d'une résistance à la compression de 100 à 300 MPa, aux sols meubles d'une teneur en eau supérieure à 20 % $\pm$ 5 % ou aux formations mixtes d'une teneur en sable supérieure à 10 % $\pm$ 2 %.

foreuse rotative en carbure, fondation sur pieux, dents sphériques

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $>800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$, résistance à l'oxydation $>95\%\pm 2\%$) ; le Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{IC} 12-16 MPa $\cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 MPa $\cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), et absorbe l'énergie d'impact ($>50 \text{ J}\pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $>200 \text{ J}\pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 g/cm $^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 génère une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance $\text{H}_2\text{S} > 2500 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$, résistance $\text{Cl}^- > 3000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient 90% $\pm 2\%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\%\pm 2\%$).

de la foreuse rotative (vitesse de rotation 20-60 tr/min $\pm 5 \text{ tr/min}$, selon la puissance de l'équipement 200-1000 kW $\pm 50 \text{ kW}$) et de la pression de forage (50-300 kN $\pm 5 \text{ kN}$, jusqu'à 500 kN $\pm 10 \text{ kN}$), les dents de la boule coupent la formation pour former une zone de concassage, et écrasent la roche ou le sol par extrusion (pression de contact 250-600 MPa $\pm 20 \text{ MPa}$) et cisaillement (résistance au cisaillement 70-150 MPa $\pm 5 \text{ MPa}$). Français La pointe de la dent sphérique supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface 500-800 $^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$, instantanément jusqu'à 1000 $^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$), tandis que l'acier de base assure le support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa}\pm 50 \text{ MPa}$), la conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m $\cdot \text{K}\pm 2 \text{ W/m}\cdot \text{K}$) et la résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 300 \text{ MPa}\pm 20 \text{ MPa}$). La conception sphérique de la dent sphérique réduit les contraintes latérales ($< 100 \text{ MPa}\pm 10 \text{ MPa}$) et optimise l'efficacité d'élimination des scories (taux d'élimination des scories $> 90 \%\pm 2 \%$).

Dans les conditions de granit (résistance à la compression 150-200 MPa), de basalte (200-250 MPa), de quartzite (180-220 MPa) et de roche moyennement altérée (100-150 MPa), la durée de vie optimisée de la dent à bille dépasse 400-700 heures $\pm 50 \text{ heures}$ (selon les conditions géologiques), et l'efficacité de forage atteint 8-20 m/h $\pm 1 \text{ m/h}$ (jusqu'à 25 m/h $\pm 1 \text{ m/h}$, puissance $> 800 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune fissure évidente à la pointe, une profondeur d'usure $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95 \%\pm 2 \%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

dents sphériques des fondations sur pieux des foreuses rotatives en carbure

La teneur en Co de

6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. <6%±1% entraîne une augmentation de 10%±2% du taux de fissuration, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). 8%-10%±0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

La granulométrie

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux roches de dureté moyenne, > 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % ± 3 % et réduit la ténacité de 10 % ± 2 %.

L'angle géométrique

d'entrée dans la roche de 30° à $45^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité du forage (force de coupe $< 15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, consommation d'énergie $< 60 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ réduit la capacité de forage de 10 % ± 2 %, $< 30^\circ \pm 5^\circ$ entraîne facilement un

risque d'effondrement des dents de 5 % ± 1 %. **Le traitement de surface**

de l'épaisseur des dents de la bille de 3 à 6 $\text{mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de 20 % ± 3 %), $< 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de 20 % ± 3 %, $> 6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ Le coût de mm augmente de 15 % ± 2 %. Le revêtement TiN (épaisseur 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,3 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC 40-52±2, profondeur 1,5-3 $\text{mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe 850-900°C±20°C) pour améliorer les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de 15%±3%, et le revenu (200-250°C±10°C, 2-4 heures±0,5 heures) réduit la contrainte résiduelle de 5%±1%. Français Une teneur en humidité

dans l'environnement de travail

$> 20\% \pm 2\%$ ou une teneur en sable $> 10\% \pm 1\%$ augmente l'usure de 5 % ± 1 %, une température $> 700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de 3 % ± 1 %, et le taux de corrosion dans un environnement contenant du H_2S ou du CO_2 (concentration $> 0,1\% \pm 0,02\%$) augmente à 0,015 mm/an ± 0,002 mm/an.

Les paramètres de l'équipement tels qu'une

pression de forage de 50 à 300 $\text{kN} \pm 5 \text{ kN}$, une vitesse de 20 à 60 tr/min ± 5 tr/min et un couple de 100 à 600 $\text{kN} \cdot \text{m} \pm 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$ affectent la durée de vie et l'efficacité des dents à billes. Des paramètres excessifs ($>$ limite supérieure de 10 % ± 1 %) réduisent la durée de vie de 15 % ± 2 %.

Boutons de fondation en carbure pour foreuse :

les boutons standard

sont adaptés aux roches de dureté moyenne (résistance à la compression : 100-200 MPa), de diamètre 20-25 $\text{mm} \pm 1 \text{ mm}$, de hauteur 25-35 $\text{mm} \pm 2 \text{ mm}$, et présentent une excellente résistance à l'usure (durée de vie > 500 heures ± 50 heures). Ils sont couramment utilisés dans le grès ou les roches moyennement altérées.

Les boutons renforcés

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sont adaptés aux roches dures (résistance à la compression : 200-300 MPa), de diamètre 25-30 mm $\pm$ 1 mm, de hauteur 30-40 mm $\pm$ 2 mm, et présentent une forte résistance aux chocs ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), notamment pour le basalte et le granit.

Les boutons résistants à la corrosion

sont utilisés dans les formations aquifères ou salines, avec revêtement de surface TiAlN (résistance $\text{Cl}^- > 3000$ heures $\pm$ 100 heures), diamètre 15-20 mm $\pm$ 1 mm, hauteur 20-30 mm $\pm$ 2 mm, résistance à la corrosion $> 99\% \pm 1\%$, adapté aux fondations sur pieux portuaires.

Les dents à billes spéciales

comprennent des types résistants aux basses températures ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, résistance à l'usure maintenue à $90\% \pm 5\%$) et résistants aux hautes températures ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ maintenue à $95\% \pm 2\%$), adaptés aux formations polaires ou à haute température.

Français Application des

dents sphériques de fondation de pieux de foreuse rotative en carbure Les immeubles de grande hauteur

sont utilisés pour les fondations de pieux en roche dure (résistance à la compression de 150 à 250 MPa), avec une durée de vie de 500 à 700 heures $\pm$ 50 heures, supportant des strates complexes telles que des zones de faille, conformément aux normes GB 50007.

L'ingénierie des ponts

est utilisée pour les fondations de pieux de ponts fluviaux (résistance à la compression de 200 à 300 MPa), avec une résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, pic de $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) pour assurer un forage efficace, conformément aux normes JTG 3362.

La construction portuaire

est utilisée pour les fondations de pieux sous-marins, résistantes à la corrosion par l'eau de mer (> 4000 heures $\pm$ 100 heures, résistance à la concentration en $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$), répondant aux normes DNVGL-RP-C203.

Le soutènement de fosses de fondation profondes

est utilisé pour les strates avec une résistance à la compression de 100 à 200 MPa, réduisant le tassement ($< 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$), conformément aux normes GB 50911.

Polar Engineering

est utilisé dans des environnements à basse température ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), avec une résistance à l'usure maintenue à $90\% \pm 5\%$, et l'efficacité de forage testée en 2025 à $10 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$.

Progrès technologique et développement futur

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté ($\text{HV } 2200-2600 \pm 50$), ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\% \pm 2\%$). Capteur intégré

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$) surveillance en temps réel de l'usure (profondeur $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et des vibrations ($< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$), optimisation du cycle de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$).

La technologie d'impression 3D

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

utilise SLM (épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des dents à billes complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$.

L'adaptabilité environnementale permet de développer des dents sphériques résistantes aux basses températures et aux hautes pressions (résistance à la pression $> 100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). Le recyclage durable

de la poudre de WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément à la norme ISO 14040.

Les normes nationales et internationales pertinentes

sont conformes aux normes GB 50007 (fondations de bâtiments), JTG 3362 (ponts routiers), GB 50911 (puits de fondation profonds) et DNVGL-RP-C203 (règles d'ingénierie marine).



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

Dents sphériques de forage de tunnel en carbure

Les dents à boulets en carbure pour excavation de tunnels sont un composant essentiel des machines à attaque ponctuelle (Roadheaders) utilisées dans les mines de charbon, les tunnels et la construction de routes. Elles sont conçues pour concasser les formations rocheuses dures, les formations complexes ou les mélanges charbon-roche. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à des revêtements résistants à l'usure, offrant une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées dans des environnements très poussiéreux, humides et soumis à de fortes vibrations. Composant essentiel de la tête de coupe des machines à attaque ponctuelle, les dents à boulets influencent directement l'efficacité de l'excavation, la qualité des routes et la sécurité des travaux. Elles sont largement utilisées dans les mines de charbon, les tunnels de métro et la construction de mines. Compte tenu des dernières informations sur l'ensemble du réseau et des progrès technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents à boulets.

Dents sphériques en carbure cimenté pour excavation de tunnel

Les dents sphériques en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, VC < 1 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min), garantissant que le matériau atteint 99,9%±0,1% de la densité théorique et que la porosité est <0,1%±0,05%. La taille des grains est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm±0,01 μm (de préférence 0,8-1,2 μm±0,01 μm), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). L'uniformité de la microstructure atteint 95 %±2 % (analyse métallographique) et le taux de renforcement local des joints de grains est > 98 %±1 %.

Les dents sphériques sont de forme sphérique ou hémisphérique, avec un diamètre de pointe de 15-25 mm ± 1 mm et une hauteur de 20-35 mm ± 2 mm. Elles sont installées sur la base de la tête de coupe de la boulonneuse (en acier allié haute résistance, tel que 40CrMo ou 42CrMo, avec une dureté de trempe de HRC 40-52 ± 2). Les méthodes de fixation incluent le soudage par induction haute fréquence (température de 1200-1300 °C ± 20 °C, résistance de soudage > 700 MPa ± 50 MPa) ou l'encastrement mécanique (force d'encastrement > 10 kN ± 1 kN), garantissant un fonctionnement stable sous un couple élevé (200-800 kN·m ± 50 kN·m). Des revêtements multicouches (TiN, TiAlN ou CrN, d'une épaisseur de 0,5 à 2 μm ± 0,1 μm) peuvent être appliqués à la surface des dents sphériques pour réduire le coefficient de frottement à < 0,25 ± 0,05 et améliorer la résistance à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 2 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la répartition des contraintes. L'angle d'entrée des dents sphériques est de 30° à $45^\circ \pm 5^\circ$ et l'angle d'inclinaison arrière de 5° à $15^\circ \pm 2^\circ$. Il convient aux roches de charbon ayant une résistance à la compression de 50 à 250 MPa, aux roches tendres ayant une teneur en eau de $> 15 \% \pm 5 \%$ ou aux formations spéciales ayant une concentration en gaz de $> 1 \% \pm 0,2 \%$.

de la foreuse de tunnel à boulons en carbure cimenté

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$) ; le Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{Ic} 12-16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), et absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $> 200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 g/cm $^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. L'ajout de Cr $_3$ C $_2$ génère une couche protectrice de Cr $_2$ O $_3$ (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance H $_2$ S $> 2500 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ maintient $90 \% \pm 2 \%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95 \% \pm 2 \%$).

de la rotation du boulonneur (vitesse 30-80 tr/min ± 5 tr/min, selon la puissance de l'équipement 300-1200 kW ± 50 kW) et de la force de coupe (50-250 kN ± 5 kN, jusqu'à 400 kN ± 10 kN), les dents de la boule coupent la roche de charbon ou la formation rocheuse pour former une zone de concassage, et écrasent le matériau par extrusion (pression de contact 200-500 MPa ± 20 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 60-120 MPa ± 5 MPa). Français La pointe de la dent sphérique supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface 500-800 $^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, instantanément jusqu'à 1000 $^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), et l'acier de base assure le support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), la conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) et la résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 250 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception sphérique de la dent sphérique réduit les contraintes latérales ($< 100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), optimise l'efficacité d'élimination des scories (taux d'élimination des scories $> 90 \% \pm 2 \%$) et réduit le risque d'accumulation de poussière $< 5 \% \pm 1 \%$.

Dans les veines de charbon (résistance à la compression 50-100 MPa), le grès (120-180 MPa), le calcaire (150-220 MPa) et le schiste (100-150 MPa), la durée de vie optimisée des dents de la boule dépasse 400-600 heures ± 50 heures (selon les conditions géologiques), et l'efficacité d'excavation atteint 5-15 m $^3/\text{h} \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$ (jusqu'à 20 m $^3/\text{h} \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$, puissance $> 1000 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune fissure évidente à la pointe, une profondeur d'usure $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95 \% \pm 2 \%$), et l'imagerie thermique montre une distribution des contraintes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

thermiques < 150 MPa ± 10 MPa.

Une teneur en Co de 6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, <6%±1% conduit à une augmentation du taux de fissures

de

10%±2%, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), et 8%-10%±0,5% est préféré pour prendre en compte à la fois les performances et le coût.

La granulométrie

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,03 $\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux roches de dureté moyenne, > 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % ± 3 % et réduit la ténacité de 10 % ± 2 %.

L'angle géométrique

d'entrée dans la roche de 30° à $45^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de l'excavation (force de coupe < 15 kN ± 1 kN, consommation d'énergie < 50 kWh/ $\text{m}^3 \pm 5 \text{kWh}/\text{m}^3$), > $50^\circ \pm 5^\circ$ réduit la capacité d'excavation de 10 % ± 2 %, < $30^\circ \pm 5^\circ$ entraîne facilement un

risque d'effondrement des dents de 5 % ± 1 %. **Le traitement de surface**

de l'épaisseur des dents sphériques de 3 à 6 $\text{mm} \pm 0,1 \text{mm}$ améliore la résistance à l'usure (durée de vie prolongée de 20 % ± 3 %), < 3 $\text{mm} \pm 0,1 \text{mm}$ réduit la durée de vie de 20 % ± 3 %, > 6 $\text{mm} \pm 0,1 \text{mm}$ Le coût du mm augmente de 15 % ± 2 %. Le revêtement TiN (épaisseur 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à 500 $^\circ\text{C} \pm 20 ^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement (< 0,3 ± 0,05) et améliore la résistance à la chaleur (> 700 $^\circ\text{C} \pm 20 ^\circ\text{C}$). L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC 40-52 ± 2, profondeur 1,5 à 3 $\text{mm} \pm 0,2 \text{mm}$, température de trempe 850-900 $^\circ\text{C} \pm 20 ^\circ\text{C}$) pour améliorer les performances de support. La durée de vie de la base non trempée est réduite de 15 % ± 3 %. Le revenu (200-250 $^\circ\text{C} \pm 10 ^\circ\text{C}$, 2 à 4 heures ± 0,5 heure) réduit la contrainte résiduelle de 5 % ± 1 %. Une teneur en humidité > 15 % ± 2 % ou une teneur en poussières > 10 % ± 1 %

dans l'environnement de travail

augmente l'usure de 5 % ± 1 %. Une température > 700 $^\circ\text{C} \pm 50 ^\circ\text{C}$ réduit la dureté de 3 % ± 1 %. Le taux de corrosion dans un environnement contenant du H_2S ou du CO_2 (concentration > 0,1 % ± 0,02 %) augmente à 0,015 $\text{mm}/\text{an} \pm 0,002 \text{mm}/\text{an}$. Un environnement contenant du gaz requiert une résistance aux explosions (> 2 bar ± 0,2 bar).

Paramètres de l'équipement :

vitesse de coupe de 0,5 à 2 $\text{m}/\text{min} \pm 0,1 \text{m}/\text{min}$, couple de 200 à 800 $\text{kN} \cdot \text{m} \pm 50 \text{kN} \cdot \text{m}$ et puissance de 300 à 1 200 $\text{kW} \pm 50 \text{kW}$, affectant la durée de vie et le rendement de l'engrenage à billes. Des paramètres excessifs (> 10 % ± 1 %) réduisent la durée de vie de 15 % ± 2 %.

Dents à boulets en carbure pour excavation de tunnels

Les dents à boulets standard

conviennent aux veines de charbon ou aux roches tendres (résistance à la compression de 50 à 100 MPa), avec un diamètre de 15 à 20 $\text{mm} \pm 1 \text{mm}$, une hauteur de 20 à 25 $\text{mm} \pm 2 \text{mm}$, une excellente

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

résistance à l'usure (durée de vie > 400 heures ± 50 heures), et sont couramment utilisées dans les tunnels de mines de charbon. En 2024, l'efficacité d'excavation d'un projet de mine de charbon était de $10 \text{ m}^3/\text{h} \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les dents à boulets renforcées

conviennent aux roches dures (résistance à la compression de 150 à 250 MPa), avec un diamètre de 20 à 25 mm ± 1 mm, une hauteur de 25 à 35 mm ± 2 mm, une forte résistance aux chocs ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), et conviennent au grès ou au calcaire. En 2023, la durée de vie d'un projet de tunnel était de 500 heures ± 50 heures.

Les dents à boulets résistantes à la corrosion

sont utilisées dans les formations aquifères ou gazeuses, avec un revêtement de surface en TiAlN (résistant à H_2S $> 2\,500$ heures ± 100 heures), un diamètre de 15 à 18 mm ± 1 mm, une hauteur de 20 à 30 mm ± 2 mm et une résistance à la corrosion $> 98\% \pm 1\%$, adaptées aux tunnels humides. En 2025, une mine résistera à une pression d'eau de 1 MPa $\pm 0,1$ MPa.

Les dents à billes spéciales

comprennent des types résistants aux basses températures ($-20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, la résistance à l'usure reste à $90\% \pm 5\%$) et résistants aux hautes températures ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ reste à $95\% \pm 2\%$), adaptés aux mines polaires ou aux formations à haute température, avec une durée de vie d'essai de 550 heures ± 50 heures en 2025.

Dents d'excavation de tunnel de boulonneuse en carbure

Les tunnels de mine de charbon

sont utilisés pour l'excavation de veines de charbon (résistance à la compression 50-100 MPa), avec une durée de vie de 400 à 600 heures ± 50 heures, supportant des strates contenant du gaz (concentration $> 1\% \pm 0,2\%$), conformément aux normes MT 554. En 2024, la profondeur d'excavation d'une mine de charbon dans le Shanxi était de 500 m ± 50 m.

Les tunnels de métro

sont utilisés dans des tunnels en roche dure (résistance à la compression 150-250 MPa), et la résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, pic $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) assure une excavation efficace, conformément aux normes EN 1997-1. En 2023, la vitesse d'excavation du projet de métro de Shanghai était de 1 m/min $\pm 0,1$ m/min.

Le soutènement minier

est utilisé dans des strates présentant une résistance à la compression de 100 à 200 MPa, réduisant le risque d'effondrement ($< 5\% \pm 1\%$) et répondant aux normes GB 16423. En 2024, la stabilité d'un tunnel minier est $> 98\% \pm 1\%$.

Le tunnel hydrologique

est utilisé dans des strates aquifères, résistantes à l'érosion hydrique ($> 2\,000$ heures ± 100 heures), conformément à la norme CEI 60041. En 2025, la résistance à la pression de l'eau d'un projet de centrale hydroélectrique est de 1,2 MPa $\pm 0,1$ MPa.

Des strates complexes

sont utilisées dans des zones de failles ou des strates sableuses, avec une résistance à l'abrasion $> 95\% \pm 2\%$. En 2025, l'efficacité d'excavation a été testée à $12 \text{ m}^3/\text{h} \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Progrès technologique et développement futur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir 95% $\pm$ 2%). Recherche en 2024 : Anti-oxydation du revêtement ZrC (gain de poids d'oxygène $< 0,15\% \pm 0,05\%/h$). Capteur intégré de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05 \%$), surveillance en temps réel de l'usure (profondeur $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et des vibrations ($< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$), optimisation du cycle de remplacement (erreur $< 5 \% \pm 1 \%$), et une entreprise l'a testé avec succès en 2025.

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des dents à billes complexes, réduisant le gaspillage de matériaux de $10 \% \pm 2 \%$, et la résistance atteindra $1400 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ en 2024.

Adaptabilité environnementale :

Développer des dents à billes résistantes aux basses températures et aux hautes pressions (résistance à la pression $> 80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$), avec une résistance à la pression atteignant $97 \% \pm 2 \%$ en 2025.

Le recyclage

durable

de la poudre de WC (taux de recyclage $> 80 \% \pm 5 \%$) réduit l'empreinte carbone (Réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales

Les normes nationales et internationales sont conformes aux normes MT 554 (sécurité des mines de charbon), EN 1997-1 (fondations européennes), GB 16423 (soutènement des mines) et IEC 60079 (atmosphères explosives). En 2025, de nouvelles normes anti-gaz seront ajoutées.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Dents de fraisage pour fraiseuse routière en carbure

Les dents de fraisage en carbure pour fraiseuses routières sont des outils de coupe à haut rendement conçus pour les fraiseuses routières (raboteuses à froid) destinées au traitement du béton bitumineux, des bases en pierre concassée ou des revêtements routiers vieillissants. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à un revêtement résistant à l'usure, offrant une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées sous forte charge, haute température et environnement poussiéreux. Composants clés du tambour de la fraiseuse routière, les dents de fraisage influencent directement l'efficacité du fraisage, la planéité de la chaussée et les coûts de construction. Elles sont largement utilisées pour l'entretien des autoroutes, la rénovation des pistes d'aéroport et l'entretien des routes urbaines. Compte tenu des dernières informations sur l'ensemble du réseau et des progrès technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents de fraisage.

Propriétés physiques et chimiques des dents de fraisage des fraiseuses routières en carbure cimenté

Les dents de fraisage en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (Wc, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Elles sont préparées par métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La taille des grains est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique) et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique des dents de fraisage est généralement pointue ou arrondie, avec un diamètre de pointe de $10 \text{ à } 20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et une hauteur de $20 \text{ à } 40 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, montées sur un support de tambour (en acier allié à haute résistance, tel que 40CrMo ou 42CrMo, avec une dureté de trempe de HRC $40 - 52 \pm 2$). Les méthodes de fixation comprennent le soudage par induction haute fréquence (température $1200 - 1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) ou le serrage mécanique (force de serrage $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$), garantissant un fonctionnement stable sous un couple élevé ($500 - 1500 \text{ kN} \cdot \text{m} \pm 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$). Des revêtements multicouches (tels que TiN, TiAlN ou CrN, d'épaisseur $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués à la surface de la pointe de la dent, réduisant le coefficient de frottement à $< 0,25 \pm 0,05$, améliorant la résistance à l'usure et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 2 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle de coupe de la pointe de la dent de 20° - $40^{\circ} \pm 5^{\circ}$ et un angle de coupe arrière de 5° - $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$. Il convient aux couches d'asphalte (résistance à la compression 5-15 MPa), au béton de ciment (20-50 MPa) et aux couches de base mixtes.

Caractéristiques des dents de fraisage des fraiseuses routières en carbure

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$) ; le Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{Ic} 12-16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), et absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $> 200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 g/cm $^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. L'ajout de Cr $_3$ C $_2$ génère une couche protectrice de Cr $_2$ O $_3$ (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), améliorant la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance au Cl $^{-}$ $> 3\,000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) ; le TaC et le NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient $90 \% \pm 2 \%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95 \% \pm 2 \%$).

Principe de fonctionnement des dents de fraisage de fraiseuses routières en carbure cémenté

de la rotation du tambour de la fraiseuse routière (vitesse 100-300 tr/min $\pm$ 10 tr/min, selon la puissance de l'équipement 200-1000 kW $\pm$ 50 kW) et de la force de coupe (50-200 kN $\pm$ 5 kN, jusqu'à 300 kN $\pm$ 10 kN), les dents de fraisage coupent la surface de la route pour former une surface de fraisage continue, et écrasent l'asphalte ou le béton par extrusion (pression de contact 150-400 MPa $\pm$ 20 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 50-100 MPa $\pm$ 5 MPa). Français La pointe de la dent supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface 400-700 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, instantanément jusqu'à 900 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), l'acier de base fournit un support structural (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 200 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception pointue de la pointe de la dent optimise l'efficacité de coupe (profondeur de fraisage 5-15 cm $\pm$ 1 cm), et la conception arrondie réduit les vibrations (accélération $< 10 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$).

Dans les conditions de chaussée en asphalte (résistance à la compression 5-10 MPa), de béton de ciment (20-40 MPa) et de base mixte (10-20 MPa), la durée de vie optimisée des dents de fraisage dépasse 300-500 heures ± 50 heures (selon la dureté du matériau), et l'efficacité de fraisage atteint 200-500 m ^{2} /h $\pm 20 \text{ m}^2$ /h (jusqu'à 600 m ^{2} /h $\pm 20 \text{ m}^2$ /h, puissance $> 800 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune fissure évidente de la pointe de la dent, une profondeur d'usure $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95 \% \pm 2 \%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 120 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Facteurs affectant les performances des

dents de fraisage des fraiseuses routières en carbure cémenté Une teneur en Co de

6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, <6%±1% conduit à une augmentation du taux de fissures de 10%±2%, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), et 8%-10%±0,5% est préféré pour prendre en compte à la fois les performances et le coût.

La granulométrie

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux routes de dureté moyenne, > 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % ± 3 % et réduit la ténacité de 10 % ± 2 %.

L'angle de coupe géométrique

de 20° à 40° ± 5° optimise l'efficacité du fraisage (force de coupe $< 15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, consommation d'énergie $< 20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), > 45° ± 5° réduit l'efficacité de 10 % ± 2 %, < 20° ± 5° entraîne facilement un risque d'effondrement des dents de 5 % ± 1 %.

Le traitement de surface

de l'épaisseur de la pointe de la dent de 3 à 5 mm ± 0,1 mm améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de 20 % ± 3 %), < 3 mm ± 0,1 mm réduit la durée de vie de 20 % ± 3 %, > 5 mm ± 0,1 mm Le coût de mm augmente de 15 % ± 2 %. Le revêtement TiN (épaisseur 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à 500 °C ± 20 °C) réduit le coefficient de frottement ($< 0,3 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 700 ^\circ\text{C} \pm 20 ^\circ\text{C}$). Français L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC 40-52±2, profondeur 1,5-3 mm±0,2 mm, température de trempe 850-900°C±20°C) pour améliorer les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de 15%±3%, et le revenu (200-250°C±10°C, 2-4 heures±0,5 heures) réduit la contrainte résiduelle de 5%±1%.

La

température de l'environnement de travail $> 600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de 3%±1%, la teneur en eau $> 10\% \pm 2\%$ ou la teneur en sable $> 5\% \pm 1\%$ augmente l'usure de 5%±1%, et l'environnement contenant du Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente le taux de corrosion à 0,015 mm/an±0,002 mm/an.

Paramètres de l'équipement

: vitesse de fraisage 0,5-2 m/min ± 0,1 m/min, couple 500-1 500 kN·m ± 50 kN·m, puissance 200-1 000 kW ± 50 kW, affectant la durée de vie et le rendement des dents. Des paramètres trop élevés ($> 10\% \pm 1\%$) réduisent la durée de vie de 15 % ± 2 %.

Types de dents de fraisage pour fraiseuses routières en carbure Les

dents de fraisage standard

conviennent aux chaussées en asphalte (résistance à la compression 5-10 MPa), avec un diamètre de 12-15 mm ± 1 mm, une hauteur de 20-25 mm ± 2 mm, une excellente résistance à l'usure (durée de vie $> 350 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$), et sont couramment utilisées dans l'entretien des autoroutes.

Les dents de fraisage renforcées

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

conviennent au béton de ciment (résistance à la compression 20-50 MPa), avec un diamètre de 15-20 mm $\pm$ 1 mm, une hauteur de 25-40 mm $\pm$ 2 mm, une forte résistance aux chocs (> 100 J $\pm$ 10 J), et conviennent aux pistes d'aéroport.

Les dents de fraisage résistantes à la corrosion

sont utilisées pour les routes salées ou contenant de l'eau, avec revêtement de surface TiAlN (résistance Cl⁻ >3000 heures $\pm$ 100 heures), diamètre 10-12 mm $\pm$ 1 mm, hauteur 20-30 mm $\pm$ 2 mm, résistance à la corrosion > 99% $\pm$ 1%, adapté aux routes côtières.

Les dents de fraisage spéciales

comprennent des types résistants aux hautes températures (> 900 °C $\pm$ 20 °C, maintiennent 95 % $\pm$ 2 %) et à l'usure, adaptés aux routes à haute température ou très abrasives.

Application des dents de fraisage de fraiseuses routières en carbure

L'entretien des autoroutes

est utilisé pour le fraisage des chaussées en asphalte (résistance à la compression de 5 à 15 MPa), avec une durée de vie de 350 à 500 heures $\pm$ 50 heures, conformément aux normes JTJ 073.

La piste d'aéroport

est utilisée pour la rénovation du béton de ciment (résistance à la compression de 20 à 50 MPa), la résistance aux chocs (> 50 J, pic 200 J $\pm$ 10 J) pour assurer un fraisage efficace, conformément aux normes de l'annexe 14 de l'OACI.

Les routes urbaines

sont utilisées pour la base mixte (résistance à la compression de 10 à 20 MPa), réduisent la poussière (< 5 % $\pm$ 1 %), et répondent aux normes GB/T 23458.

La route côtière

est utilisée pour les revêtements salins, résistants à la corrosion par l'eau de mer (> 4 000 heures $\pm$ 100 heures, résistance à une concentration en Cl⁻ > 3,5 % $\pm$ 0,5 %), et conformes à la norme DNVGL-RP-C203.

Le revêtement spécial est utilisé pour les revêtements à haute température ou à forte abrasion, avec une résistance à l'usure > 95 % $\pm$ 2 % et un rendement de fraisage de 400 m²/h $\pm$ 20 m²/h en 2025.

Développement de dents de fraisage pour fraiseuses routières en carbure

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain < 0,5 μ m $\pm$ 0,01 μ m) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température (> 900°C $\pm$ 20°C pour maintenir 95% $\pm$ 2%). Des capteurs intégrés

de surveillance intelligente

(précision $\pm$ 0,05%) surveillent l'usure (profondeur > 1,5 mm $\pm$ 0,05 mm) et les vibrations (< 10 m/s² $\pm$ 1 m/s²) en temps réel, et optimisent les cycles de remplacement (erreur < 5% $\pm$ 1%).

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche 40-60 μ m $\pm$ 5 μ m) pour fabriquer des formes de dents complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de 10% $\pm$ 2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Adaptabilité environnementale

Développement de dents résistantes aux hautes températures et à la corrosion (résistance à la pression $> 50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$), avec une résistance à la chaleur atteignant $98\% \pm 2\%$ en 2025.

Recyclage

durable

de la poudre WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) pour réduire l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040.



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

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
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

Dents de coupe pour machine de recyclage à froid en carbure

Les dents de coupe en carbure pour recycleurs à froid sont des outils de coupe haute performance spécialement conçus pour les recycleurs à froid (Cold Recycler). Elles sont destinées au traitement des anciennes chaussées en asphalte, des matériaux de base ou des couches mixtes pour la régénération à froid sur site. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à des revêtements résistants à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion, garantissant ainsi une efficacité et une fiabilité élevées dans des environnements soumis à de fortes charges, une forte humidité et une forte abrasion. Élément clé du tambour du recycleur à froid, les dents de coupe influencent directement l'efficacité de la régénération, l'uniformité des matériaux et les coûts de construction. Elles sont largement utilisées pour l'entretien des autoroutes, la rénovation des routes rurales et le nivellement des sites industriels. S'appuyant sur les dernières informations concernant l'ensemble du réseau et les avancées technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents de coupe.

Propriétés physiques et chimiques des dents de coupe en carbure cimenté pour machines de recyclage à froid

Les dents de coupe en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure et du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complétés par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Elles sont préparées par métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La taille des grains est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique) et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique des dents de coupe est généralement pointue ou conique, avec un diamètre de pointe de $10 \text{ à } 18 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et une hauteur de $20 \text{ à } 35 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, montée sur une base à rouleaux (en acier allié à haute résistance, tel que 40CrMo ou 42CrMo, avec une dureté de trempe de HRC $40 - 52 \pm 2$). Les méthodes de fixation comprennent le soudage par induction haute fréquence (température $1200 - 1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) ou le serrage mécanique (force de serrage $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$), garantissant un fonctionnement stable sous un couple élevé ($400 - 1200 \text{ kN} \cdot \text{m} \pm 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$). Des revêtements multicouches (tels que TiN, TiAlN ou CrN, d'une épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués à la surface de la pointe de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la dent, réduisant le coefficient de frottement à $< 0,25 \pm 0,05$, améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 2 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle de coupe de la pointe de la dent de 20° à $40^\circ \pm 5^\circ$ et un angle de coupe arrière de 5° à $15^\circ \pm 2^\circ$. Il convient aux couches d'asphalte (résistance à la compression de 5 à 15 MPa), aux couches de base en gravier (10 à 30 MPa) et aux strates mixtes contenant de l'eau.

Caractéristiques des dents de coupe de la machine de régénération à froid en carbure cémenté

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$) ; le Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{Ic} 12-16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), et absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $> 200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 g/cm $^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 génère une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance $\text{Cl}^- > 3000$ heures ± 100 heures) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ maintient 90 % $\pm 2\%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement

des dents de coupe du recycleur à froid en carbure : Sous l'action de la rotation du tambour du recycleur à froid (vitesse 80-250 tr/min ± 10 tr/min, selon la puissance de l'équipement 200-800 kW ± 50 kW) et de la force de coupe (50-150 kN ± 5 kN, jusqu'à 250 kN ± 10 kN), les dents de coupe coupent l'ancienne chaussée ou la base pour former des matériaux recyclés, et écrasent l'asphalte ou le gravier par extrusion (pression de contact 150-350 MPa ± 20 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 40-80 MPa ± 5 MPa). Français La pointe de la dent supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface $400-600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, instantanément jusqu'à $800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), l'acier de base fournit un support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 200 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception pointue de la pointe de la dent optimise l'efficacité de coupe (profondeur de régénération 5-20 cm ± 1 cm), et la conception conique réduit les vibrations (accélération $< 10 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$).

La performance des dents de coupe de la machine de régénération à froid en carbure est que les dents de coupe optimisées ont une durée de vie de plus de 300 à 450 heures ± 50 heures (selon la dureté du matériau) dans les conditions de chaussée en asphalte (résistance à la compression 5-10 MPa), base en pierre concassée (10-20 MPa) et couche mixte contenant de l'eau (5-15 MPa), et l'efficacité de régénération atteint 150-400 m $^2/\text{h} \pm 20 \text{ m}^2/\text{h}$ (jusqu'à 500 m $^2/\text{h} \pm 20 \text{ m}^2/\text{h}$, puissance $>$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

600 kW $\pm$ 50 kW). L'analyse SEM montre qu'il n'y a pas de fissure évidente à la pointe de la dent, la profondeur d'usure est $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95 \% \pm 2 \%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 120 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des

dents de coupe des machines de régénération à froid en carbure cimenté La teneur en Co de 6%-12% $\pm$ 1% atteint le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, $< 6\% \pm 1\%$ conduit à une augmentation du taux de fissures de 10% $\pm$ 2%, $> 12\% \pm 1\%$ réduit la dureté de 5% $\pm$ 1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), et 8%-10% $\pm$ 0,5% est préféré pour prendre en compte à la fois les performances et le coût.

La granulométrie

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux routes de dureté moyenne, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % $\pm$ 3 % et réduit la ténacité de 10 % $\pm$ 2 %.

L'angle de coupe géométrique

de 20° à $40^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de la régénération (force de coupe $< 15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, consommation d'énergie $< 15 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $> 45^\circ \pm 5^\circ$ réduit l'efficacité de 10 % $\pm$ 2 %, $< 20^\circ \pm 5^\circ$ entraîne facilement un risque d'effondrement des dents de 5 % $\pm$ 1 %.

Le traitement de surface

de l'épaisseur de la pointe de la dent de 3 à 5 $\text{mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de 20 % $\pm$ 3 %), $< 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de 20 % $\pm$ 3 %, $> 5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ Le coût de mm augmente de 15 % $\pm$ 2 %. Le revêtement TiN (épaisseur 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,3 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Français L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC 40-52 $\pm$ 2, profondeur 1,5-3 $\text{mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe 850-900 $^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) pour améliorer les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de 15% $\pm$ 3%, et le revenu (200-250 $^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 heures $\pm$ 0,5 heures) réduit la contrainte résiduelle de 5% $\pm$ 1%. Une teneur en humidité

de l'environnement de travail

$> 15\% \pm 2\%$ ou une teneur en sable $> 5\% \pm 1\%$ augmente l'usure de 5% $\pm$ 1%, une température $> 600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de 3% $\pm$ 1%, et un environnement contenant du Cl⁻ (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente le taux de corrosion à 0,015 $\text{mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Les paramètres de l'équipement

: vitesse de régénération de 0,3 à 1,5 $\text{m/min} \pm 0,1 \text{ m/min}$, couple de 400 à 1 200 $\text{kN} \cdot \text{m} \pm 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$ et puissance de 200 à 800 $\text{kW} \pm 50 \text{ kW}$, affectent la durée de vie et le rendement des dents. Des paramètres trop élevés ($> 10 \% \pm 1 \%$) réduisent la durée de vie de 15 % $\pm$ 2 %.

Types de dents de coupe de machine de régénération à froid en carbure

Les dents de coupe standard

conviennent aux chaussées en asphalte (résistance à la compression 5-10 MPa), avec un diamètre

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de 12-15 mm $\pm$ 1 mm, une hauteur de 20-25 mm $\pm$ 2 mm, une excellente résistance à l'usure (durée de vie > 350 heures $\pm$ 50 heures), et sont couramment utilisées pour la régénération des autoroutes.

Les dents de coupe renforcées

conviennent aux bases en pierre concassée (résistance à la compression 10-30 MPa), avec un diamètre de 15-18 mm $\pm$ 1 mm, une hauteur de 25-35 mm $\pm$ 2 mm, une forte résistance aux chocs (>100 J $\pm$ 10 J), et conviennent aux sites industriels.

Les dents de coupe résistantes à la corrosion

sont utilisées dans les couches aquifères ou salines, avec un revêtement de surface en TiAlN (résistance Cl⁻ > 3000 heures $\pm$ 100 heures), un diamètre de 10-12 mm $\pm$ 1 mm, une hauteur de 20-30 mm $\pm$ 2 mm et une résistance à la corrosion de >99% $\pm$ 1%, adaptées aux routes côtières.

Les dents de coupe spéciales

comprennent des types résistants aux hautes températures (> 900 °C $\pm$ 20 °C, maintiennent 95 % $\pm$ 2 %) et à l'usure, adaptés aux routes très abrasives ou impures.

Application des dents de coupe de régénérateur à froid en carbure

L'entretien des autoroutes

est utilisé pour la régénération des chaussées en asphalte (résistance à la compression 5-15 MPa), durée de vie 350-450 heures $\pm$ 50 heures, conformément à la norme JTJ 073.

Les routes rurales

sont utilisées pour la rénovation des bases de gravier (résistance à la compression 10-20 MPa), résistance aux chocs (> 50 J, pic 200 J $\pm$ 10 J) pour assurer une régénération efficace, conformément à la norme GB/T 23458.

Les sites industriels

sont utilisés pour les strates impures (résistance à la compression 10-30 MPa), réduisent la poussière (<5% $\pm$ 1%), et répondent aux normes ISO 10816. **Les routes côtières**

sont utilisées pour les bases contenant du sel, résistent à la corrosion par l'eau de mer (>4000 heures $\pm$ 100 heures, résistance à la concentration en Cl⁻ > 3,5% $\pm$ 0,5%), et répondent aux normes DNVGL-RP-C203.

Les strates complexes

sont utilisées sur les routes contenant de l'eau ou très abrasives, avec une résistance à l'usure de > 95 % $\pm$ 2 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Dents de concassage de béton en carbure

Les dents de concassage en carbure pour béton sont des outils de coupe durables conçus pour les concasseurs à béton ou les brise-roches hydrauliques, pour concasser efficacement le béton armé, les panneaux préfabriqués ou les structures en ciment durci. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à des revêtements résistants à l'usure, pour une dureté, une résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion excellentes, garantissant une efficacité et une fiabilité élevées dans les environnements à forts impacts, températures élevées et poussières. Composants clés des équipements de concassage, les dents de concassage influencent directement l'efficacité du concassage, l'uniformité des particules et la sécurité des chantiers. Elles sont largement utilisées dans la démolition de bâtiments, la rénovation de routes et le traitement des déchets industriels. S'appuyant sur les dernières informations concernant l'ensemble du réseau et les avancées technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents de concassage.

Propriétés physiques et chimiques des dents de concassage de béton en carbure cimenté

Les dents de concassage en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \%-12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \%-2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \%-3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \%-1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350\text{-}1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45\text{-}55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5\text{-}10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150\text{-}200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30\text{-}60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et que la porosité est $<0,1\% \pm 0,05\%$. La taille des grains est contrôlée avec précision à $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8-1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95\% \pm 2\%$ (analyse métallographique) et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98\% \pm 1\%$.

Les dents de concassage sont généralement coniques ou plates, avec un diamètre de pointe de 12 à $20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et une hauteur de 25 à $40 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, montées sur le marteau de concassage ou la base de la tête de concassage (en acier allié haute résistance, tel que 40CrMo ou 42CrMo , dureté de trempe $\text{HRC } 40-52 \pm 2$). Les méthodes de fixation comprennent le soudage par induction haute fréquence (température de $1\ 200$ à $1\ 300\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$, résistance de la soudure $> 800 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) ou l'encastrement mécanique (force d'encastrement $> 12 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$), garantissant un fonctionnement stable sous une force d'impact élevée (50 à $300 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$, valeur de pointe jusqu'à $500 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$). La surface de la pointe de la dent peut être recouverte de plusieurs couches de revêtement (TiN , TiAlN ou CrN , épaisseur $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$). Le coefficient de frottement est réduit à $< 0,25 \pm 0,05$, et la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 2\% \pm 0,5\%$) sont améliorées. La conception intègre la mécanique des chocs et l'optimisation de la conduction thermique. L'angle de coupe de la pointe de la dent est de $25^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$, l'angle arrière de $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$, et elle convient au béton armé ou au ciment durci avec une résistance à la compression de 20 à 80 MPa .

Propriétés matérielles des dents de concassage du béton en carbure

Le WC offre une dureté élevée ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$, localement jusqu'à $2400-2600 \pm 50$), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$) ; le Co améliore la ténacité ($K_{IC} \ 12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $> 300 \text{ J} \pm 20 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique $14,8-15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 génère une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance $\text{Cl}^- > 3000$ heures ± 100 heures) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$ maintient $90\% \pm 2\%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement des dents de concassage de béton en carbure

L'impact à haute fréquence (fréquence d'impact $10-50 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$, selon la puissance de l'équipement $100-600 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) et la force d'impact ($50-300 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$) du brise-roche hydraulique ou du concasseur, les dents de concassage coupent le béton pour former des particules brisées et détruisent la structure en béton armé par compression (pression de contact $300-600 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) et fendage (force de fendage $100-200 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$). Français La pointe de la dent supporte la principale charge d'usure et thermique (température de surface $500-800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, instantanément jusqu'à $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), l'acier de base fournit un support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

MPa), une conduction thermique (conductivité thermique $40-50 \text{ W/m}\cdot\text{K}\pm 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 300 \text{ MPa}\pm 20 \text{ MPa}$). La conception conique de la pointe de la dent optimise l'efficacité de l'impact (profondeur d'écrasement $5-30 \text{ cm}\pm 2 \text{ cm}$), et la conception plate améliore la résistance aux contraintes latérales ($< 150 \text{ MPa}\pm 10 \text{ MPa}$).

Performances des dents de concassage de béton en carbure

Dans les conditions de béton armé (résistance à la compression $30-60 \text{ MPa}$), de panneaux préfabriqués ($40-80 \text{ MPa}$) et de ciment durci ($20-50 \text{ MPa}$), les dents de concassage optimisées ont une durée de vie de plus de $250-400 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$ (selon la dureté du matériau), et une efficacité de concassage de $50-150 \text{ m}^3/\text{h} \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$ (jusqu'à $200 \text{ m}^3/\text{h} \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$, puissance $> 500 \text{ kW}\pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune fissure évidente de la pointe de la dent, une profondeur d'usure $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (de préférence $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95 \% \pm 2 \%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des dents de concassage du béton en carbure cimenté

La teneur en Co de

$6\%-12\%\pm 1\%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. $< 6\%\pm 1\%$ entraîne une augmentation de $10\%\pm 2\%$ du taux de fissuration, $> 12\%\pm 1\%$ réduit la dureté de $5\%\pm 1\%$ et augmente la dilatation thermique ($\text{CTE } 6\times 10^{-6} / ^\circ\text{C}\pm 0,5\times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). $8\%-10\%\pm 0,5\%$ est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

La granulométrie

de $0,5$ à $1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à $1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient au béton de dureté moyenne, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15 \% \pm 3 \%$ et réduit la ténacité de $10 \% \pm 2 \%$.

L'angle de coupe géométrique

de 25° à $45^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de concassage (force d'impact $< 20 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, consommation d'énergie $< 30 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ réduit l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, $< 25^\circ \pm 5^\circ$ entraîne facilement un risque d'effondrement des dents de $5 \% \pm 1 \%$.

Le traitement de surface

de l'épaisseur de la pointe de la dent de 3 à $6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$), $< 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $> 6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ Le coût de mm augmente de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement TiN (épaisseur $0,5$ à $1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à $500 ^\circ\text{C} \pm 20 ^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,3 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 700 ^\circ\text{C} \pm 20 ^\circ\text{C}$). Français L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC $40-52\pm 2$, profondeur $1,5-3 \text{ mm}\pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe $850-900^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$) pour améliorer les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de $15\%\pm 3\%$, et le revenu ($200-250^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ heures}\pm 0,5 \text{ heures}$) réduit la contrainte résiduelle de $5\%\pm 1\%$.

La

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

température de l'environnement de travail $> 700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, la teneur en eau $> 10\% \pm 2\%$ ou la teneur en acier $> 5\% \pm 1\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$, et l'environnement contenant du Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente le taux de corrosion à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Les paramètres de l'équipement

(fréquence d'impact : $10\text{-}50 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$, force d'impact : $50\text{-}300 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$ et puissance : $100\text{-}600 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) affectent la durée de vie et le rendement de l'engrenage. Des paramètres trop élevés ($> 10\% \pm 1\%$) réduisent la durée de vie de $15\% \pm 2\%$.

Types de dents de concasseur à béton en carbure

Les dents de concassage standard

conviennent au béton ordinaire (résistance à la compression $20\text{-}40 \text{ MPa}$), avec un diamètre de $12\text{-}15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, une hauteur de $25\text{-}30 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, une excellente résistance à l'usure (durée de vie $> 300 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$), et sont souvent utilisées dans la démolition de bâtiments.

Les dents de concassage améliorées

conviennent au béton armé (résistance à la compression $40\text{-}80 \text{ MPa}$), avec un diamètre de $15\text{-}20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, une hauteur de $30\text{-}40 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, une forte résistance aux chocs ($> 150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) et conviennent à la démolition de ponts.

Les dents de concassage résistantes à la corrosion

sont utilisées pour le béton contenant du sel ou de l'eau, avec revêtement de surface TiAlN (résistance $\text{Cl}^- > 3000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$), diamètre $12\text{-}15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, hauteur $25\text{-}35 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, résistance à la corrosion $> 99\% \pm 1\%$, adapté aux bâtiments côtiers.

Les dents de concassage spéciales

comprennent des types résistants aux hautes températures ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, maintiennent $95\% \pm 2\%$) et à l'usure, adaptés au béton à haute température ou à haute densité renforcée.

Application des dents de concassage de béton en carbure

Français La démolition de bâtiments

est utilisée pour le concassage ordinaire du béton (résistance à la compression $20\text{-}40 \text{ MPa}$), avec une durée de vie de $300\text{-}400 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$, conformément à la norme GB 50300.

La démolition de ponts

est utilisée pour le béton armé (résistance à la compression $40\text{-}80 \text{ MPa}$), et la résistance aux chocs ($> 100 \text{ J}$, pic $300 \text{ J} \pm 20 \text{ J}$) assure un concassage efficace, conformément à la norme JTG 3362. .

Les déchets industriels

sont utilisés pour le traitement du ciment durci (résistance à la compression $20\text{-}50 \text{ MPa}$), réduisant la poussière ($< 5\% \pm 1\%$), conformément à la norme ISO 10816.

Les bâtiments côtiers

sont utilisés pour le béton contenant du sel, résistant à la corrosion par l'eau de mer ($> 4000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$, résistance à la concentration en $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$), conformément à la norme DNVGL-RP-C203.

Des structures complexes sont utilisées en béton armé ou à haute dureté, avec une résistance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à l'abrasion $> 95\% \pm 2\%$ et une efficacité d'écrasement de 130
 $\text{m}^3 / \text{h} \pm 5 \text{ m}^3 / \text{h}$ en 2025.

Progrès technologique et développement futur

Les nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), et ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\% \pm 2\%$). Recherche en 2024 : résistance à l'oxydation du revêtement ZrC (gain de poids d'oxygène $< 0,15\% \pm 0,05\%/\text{h}$). Capteur intégré

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$), surveillance en temps réel de l'usure (profondeur $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et des vibrations ($< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$), optimisation du cycle de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$).

La technologie d'impression 3D

utilise la technologie SLM (épaisseur de couche $40\text{-}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des dents aux formes complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matière de $10\% \pm 2\%$.

L'adaptabilité environnementale

permet de développer des dents résistantes à la corrosion et aux hautes pressions (résistance à la pression $> 60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). Le recyclage

durable

de la poudre de WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément à la norme ISO 14040.

Normes nationales et internationales et considérations de sécurité

Conforme aux normes GB 50300 (démolition de bâtiments), JTG 3362 (ponts routiers), ISO 10816 (contrôle des vibrations) et DNVGL-RP-C203 (réglementation offshore). Des normes de faible émission de poussière seront ajoutées en 2025.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Forets à rouleaux en carbure pour le forage pétrolier et gazier

Le trépan à molettes en carbure pour le forage pétrolier et gazier est un outil de coupe rotatif conçu pour l'exploration et l'exploitation pétrolières et gazières. Il est principalement utilisé pour briser les formations rocheuses et créer des puits par rotation et impact. Son principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co) pour la fabrication des molettes. Ces matériaux offrent une excellente dureté, une résistance à l'usure et aux chocs, garantissant un fonctionnement efficace dans des conditions de formation complexes. Composants clés des équipements de forage, les trépan à molettes influencent directement la vitesse de forage, la qualité du forage et la durée de vie de l'outil. Ils sont largement utilisés dans les puits profonds, ultra-profonds et divers types de formations (telles que les formations tendres, dures et abrasives). Sur la base des progrès technologiques du secteur et des informations connexes en 2025, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des trépan à molettes.

1. Structure et matériaux des forets à rouleaux en carbure cimenté

Les forets à rouleaux en carbure sont généralement constitués de trois groupes de rouleaux, chacun tournant autour de son propre axe et monté sur le corps du foret. Le corps est en acier allié haute résistance (tel que 42CrMo, dureté de trempe HRC 40-52), et les rouleaux sont en carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complétés par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 , TaC, NbC) pour optimiser les performances. Le procédé de fabrication comprend la métallurgie des poudres (SPS ou HIP) pour garantir une densité du matériau de $99,9 \% \pm 0,1 \%$, une granulométrie contrôlée entre $0,5$ et $2 \mu\text{m}$ (de préférence entre $0,8$ et $1,2 \mu\text{m}$) et une dureté HV comprise entre $1\ 800$ et $2\ 200 \pm 30$, pouvant atteindre localement $2\ 400$ et $2\ 600 \pm 50$. Il existe deux types de dents : les dents de fraisage (dents en acier) et les dents d'insertion (dents en carbure). Les dents en acier conviennent aux formations tendres à moyennement dures, tandis que les dents d'insertion (TCI) sont destinées aux formations dures ou abrasives. Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur de $0,5$ à $2 \mu\text{m}$) peut être appliqué à la pointe de la dent pour réduire le coefficient de frottement à $< 0,25 \pm 0,05$ et améliorer la résistance à l'usure.

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des forets à rouleaux en carbure cimenté

Le trépan à rouleaux fonctionne en faisant tourner le trépan (vitesse de 60 à 250 tr/min) et en le pressurant (pression de 50 à 300 kN). Le trépan roule sur son axe et ses dents brisent la formation rocheuse par concassage et cisaillement. Les dents du trépan sont plus longues et espacées dans les formations tendres, et plus courtes et plus denses dans les formations dures. Les paliers (roulements à rouleaux ou paliers lisses) sont équipés d'un système d'étanchéité (joints toriques ou joints à face métallique) et d'une lubrification à compensation de pression pour prolonger la durée de vie. Le trépan génère des vibrations verticales au fond du puits, convertissant l'énergie élastique en force d'impact pour faciliter le concassage de la roche, tout en améliorant l'efficacité de la coupe grâce au cisaillement par glissement. Il est adapté aux formations présentant une résistance à la compression de 5 à 60 MPa , et la profondeur de concassage peut atteindre plusieurs mètres, l'efficacité variant

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

selon la formation.

3. Performances et facteurs d'influence des forets à rouleaux en carbure cimenté

Propriétés du matériau : le WC offre une dureté élevée, le Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 $MPa \cdot m^{1/2}$), taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/N \cdot m$, résistance aux hautes températures ($> 800^\circ C$, résistance à l'oxydation $> 95\%$). Des additifs tels que le TaC améliorent la stabilité à haute température.

Conception géométrique : L'angle et la forme des dents du cône sont ajustés en fonction de la formation. Les dents longues sont utilisées pour les formations tendres, tandis que les dents courtes et rondes sont utilisées pour les formations dures.

Paramètres de fonctionnement : la pression de forage, la vitesse de rotation et le débit du fluide de forage affectent la durée de vie et l'efficacité. Des paramètres trop élevés peuvent réduire la durée de vie de $15\% \pm 2\%$.

Facteurs environnementaux : Les températures élevées ($> 700^\circ C$), les formations hautement abrasives ou contenant de l'eau augmentent l'usure de $5\% \pm 1\%$.

4. Types et applications des forets à rouleaux en carbure cimenté

Foret à dents de fraisage

Applicable aux formations molles à moyennement dures (5-20 MPa), avec une durée de vie de 200 à 300 heures, couramment utilisé dans le forage initial.

Foret à rouleaux à dents insérées (TCI) : adapté aux formations dures (20-60 MPa), durée de vie de 250 à 400 heures, largement utilisé dans les puits profonds.

Forets à cône simple/double cône

Il est utilisé pour le forage directionnel ou les formations molles avec une efficacité plus élevée.

Scénario d'application

Exploration pétrolière et gazière, forage de puits profonds et construction de puits horizontaux. Des essais réalisés en 2025 ont montré un rendement de 50 à 150 m/h.

5. Développement technologique des forets à rouleaux en carbure cimenté

Nouveaux matériaux : le Nano WC améliore la dureté et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation.

Surveillance intelligente : des capteurs surveillent l'usure en temps réel et optimisent les cycles de remplacement.

Impression 3D : la technologie SLM réduit le gaspillage de matériaux et présente une résistance de $1400 MPa \pm 50 MPa$.

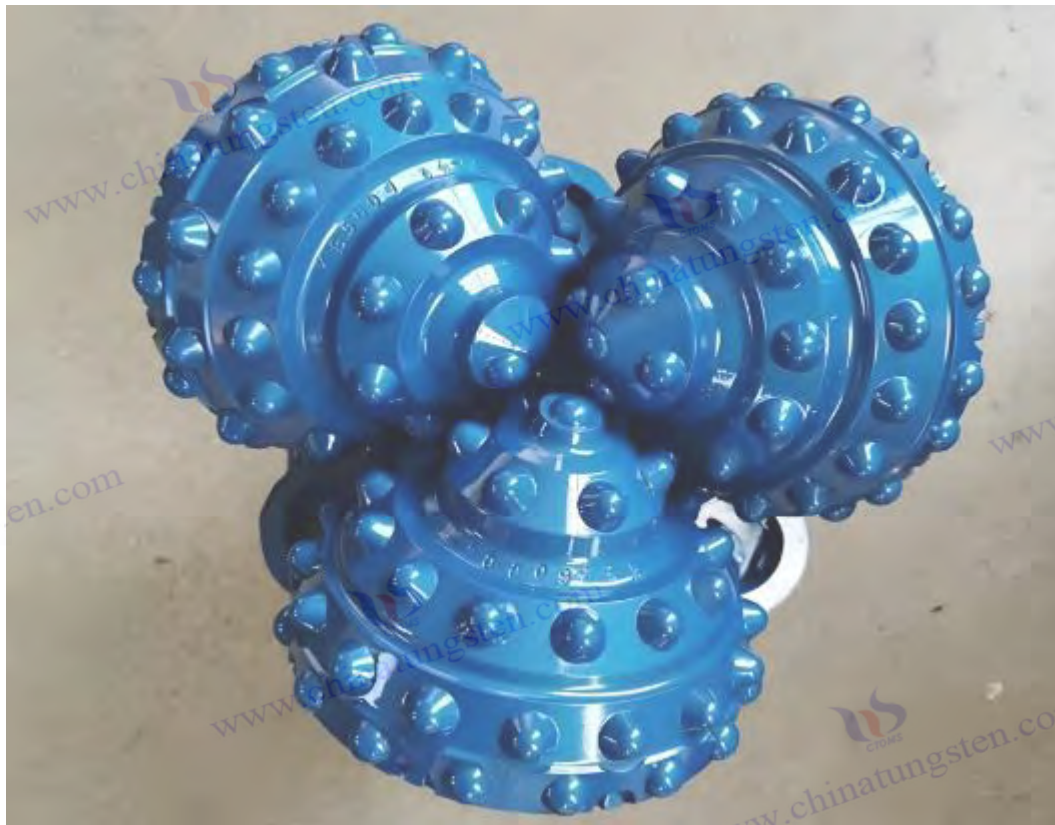
Conception hybride : combinée à des éléments de coupe fixes pour une adaptabilité accrue.

6. Sécurité et normes des forets à rouleaux en carbure

Conformément aux normes API, l'usure dépassant la limite ($> 6 \text{ mm}$) nécessite un remplacement, un taux d'accident $< 0,1\%$ et le port d'un équipement de protection est obligatoire.

Grâce à leur polyvalence et à leur innovation technologique, les forets à rouleaux en carbure sont des outils essentiels pour le forage pétrolier et gazier, favorisant l'amélioration de l'efficacité de l'industrie et l'optimisation des coûts.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Qu'est-ce qu'un foret pour roche dure et schiste en carbure cimenté ?

Les trépan en carbure pour roches dures et schistes sont des outils coupants conçus pour l'exploration géologique, le forage pétrolier et gazier, ainsi que l'exploitation minière. Ils sont principalement utilisés pour un forage efficace des roches dures et des formations de schiste. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co) pour la fabrication des trépan. Ces matériaux offrent une excellente dureté, une résistance à l'usure et aux chocs, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées dans les formations très dures et fortement abrasives. Composants clés des équipements de forage, les trépan influencent directement la vitesse de forage, la qualité du forage et la durée de vie de l'outil. Ils sont largement utilisés dans les roches dures (comme le granite et le calcaire) et les formations de schiste. En s'appuyant sur les dernières informations en ligne et les avancées technologiques, le contenu suivant présente en détail la structure, le principe, le type, l'application et le développement technologique des trépan.

1. Structure et matériaux des trépan de forage en carbure cimenté pour roches dures et schistes

Les forets sont généralement conçus en composite de PDC (composite de diamant polycristallin) et de carbure cimenté. Le corps principal est en acier allié haute résistance (tel que le 42CrMo, dureté de trempe HRC 40-52). Les dents ou lames de coupe utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure et du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complétés par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance à la fatigue thermique. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min), garantissant que la densité du matériau atteint 99,9%±0,1% et que la porosité est <0,1%±0,05%. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm (de préférence 0,8-1,2 μm±0,01 μm), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). La plage de dureté est HV 1800-2200±30, et peut atteindre localement 2400-2600±50. L'épaisseur de la couche PDC est de 0,5-2 mm, combinée au substrat en carbure cimenté, ce qui améliore considérablement la résistance aux chocs (K_{1c} 12-18 MPa·m^{1/2} ± 0,5). Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5-1,5 μm±0,1 μm) peut être appliqué sur la pointe de la dent, le coefficient de frottement est réduit à <0,25±0,05, la résistance à l'usure est améliorée de 20%±3% et la résistance à la fatigue est encore améliorée grâce à une modification de surface (comme le renforcement au laser).

2. Principes et caractéristiques des trépan de forage en carbure cimenté pour roches dures et schistes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Le foret fonctionne par rotation (vitesse de 100 à 300 tr/min $\pm$ 10 tr/min) et pressurisation (pression de 50 à 400 kN $\pm$ 10 kN). Les dents ou lames de coupe brisent la roche dure et le schiste par cisaillement et meulage. Le foret pour roche dure adopte une disposition de dents courtes et haute densité, optimise l'angle de coupe (15° - $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$) et améliore la pénétration des formations très dures. Le foret pour schiste adopte une conception de dents longues et à espacement modéré pour s'adapter à la structure du lit et aux caractéristiques de développement des fractures. Le système de roulement est équipé de roulements à billes hautes performances et de joints à face métallique, résistants aux températures élevées ($> 200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) et réduisant l'usure grâce à des lubrifiants de haute qualité (tels que des esters synthétiques). Le trépan génère une force de cisaillement élevée ($> 1\,000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) au fond du puits, combinée à l'effet de rinçage et de transport du fluide de forage (à base d'eau ou d'huile), pour éliminer les débris. Il est adapté aux formations présentant une résistance à la compression de 20 à 100 MPa, et la profondeur de forage peut atteindre des centaines, voire des milliers de mètres. L'efficacité varie selon la dureté de la formation (granite 50 à 100 MPa, schiste 20 à 50 MPa), et la vitesse de forage moyenne peut atteindre 10 à 50 m/h. La technologie la plus récente intègre également une technologie d'oscillation adaptative pour améliorer l'efficacité de forage des formations de schiste de $5\% \pm 1\%$.

3. Facteurs affectant les performances des trépan de forage en carbure cimenté pour roches dures et schistes

Propriétés des matériaux

Le WC offre une dureté élevée, le Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, la valeur maximale peut atteindre 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), un taux d'usure $< 0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, une résistance à haute température (résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$ à $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). La résistance à l'usure de la couche PDC est $30\% \pm 5\%$ supérieure à celle du carbure cimenté, mais la sensibilité aux chocs doit être optimisée.

Conception géométrique

L'angle de coupe de 15° - $30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimise l'efficacité du forage. Le foret pour roche dure utilise des dents coniques pour une meilleure pénétration, tandis que le foret pour schiste utilise des dents à fond plat pour s'adapter à la structure stratifiée. L'efficacité d'évacuation des copeaux est influencée par la conception de la rainure d'évacuation (largeur 5-10 mm $\pm 0,5\text{ mm}$). La conception optimisée de la rainure en spirale améliore le taux d'évacuation des copeaux de $10\% \pm 2\%$.

Paramètres de travail

La pression de forage, la vitesse de rotation et le débit du fluide de forage ont un impact direct sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés (comme une pression de forage $> 400\text{ kN}$ ou une vitesse de rotation $> 300\text{ tr/min}$) peuvent réduire la durée de vie de $15\% \pm 2\%$. Les paramètres optimaux doivent être ajustés dynamiquement en fonction des caractéristiques de la formation.

Facteurs environnementaux

Les températures élevées ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), l'abrasion élevée (comme les formations contenant du sable de quartz) ou les formations contenant de l'eau augmentent l'usure de $5\% \pm 1\%$. Le taux de corrosion dans les environnements contenant du Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente à $0,01\text{ mm/an} \pm 0,001\text{ mm/an}$, et un revêtement anticorrosion (tel que Cr_2O_3) est nécessaire.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Types de forets en carbure pour roches dures et schistes

Trépans de forage pour roches dures

Caractéristiques : Dents courtes avec disposition haute densité, adaptées au granit et au calcaire (résistance à la compression 50-100 MPa), durée de vie 200-350 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 10-20 m/h, couramment utilisées dans l'exploration de puits profonds et l'ingénierie des tunnels en roche dure.

Trépans de forage de schiste

Caractéristiques : Dents longues avec une conception à espacement modéré, adaptées aux formations de schiste (résistance à la compression 20-50 MPa), durée de vie 250-400 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 20-40 m/h, largement utilisées dans le développement du gaz de schiste et les formations alternées molles et dures.

Forets hybrides

Caractéristiques : Combinant PDC et carbure cimenté, il convient aux formations complexes (résistance à la compression 20-100 MPa), avec une efficacité d'essai de 60-120 m/h $\pm$ 5 m/h, et convient aux conditions géologiques variables.

Forets spéciaux

Il s'agit notamment de forets résistants aux hautes températures ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) et de forets résistants à la corrosion (résistants au Cl^- $> 7\ 000$ heures ± 200 heures), optimisés pour les environnements extrêmes tels que le forage en haute mer et les formations de roche volcanique.

5. Application des forets en carbure cimenté pour roches dures et schistes

Exploration géologique

Utilisé pour l'échantillonnage de carottes profondes, avec une précision de $\pm 0,01\text{ mm}$, conformément à la norme ISO 3551, pour l'évaluation des ressources géothermiques.

Forage pétrolier et gazier

Appliqué au gaz de schiste, aux champs pétroliers et gaziers profonds et au forage offshore, avec une durée de vie de 300 à 400 heures, il est conforme aux normes API 7-1 et soutient le développement de nouvelles énergies.

Exploitation minière

Utilisé pour l'extraction de roches dures telles que le cuivre, le fer et l'or, avec une résistance à l'usure de $> 95\% \pm 2\%$, conformément aux normes ISO 10896, et aide à l'extraction de métaux des terres rares.

Construction d'infrastructures

Il est utilisé pour percer des trous dans les tunnels, les ponts et les fondations des chemins de fer à grande vitesse, convient aux strates de granit et soutient le projet « Belt and Road ».

Transition énergétique

Utilisé pour le forage des fondations des tours d'éoliennes et le forage géothermique, avec une résistance exceptionnelle aux hautes températures, conformément aux normes IEC 61400.

Recherche et éducation

Appliqué aux expériences de mécanique des roches et au forage de sédiments en eaux profondes,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

avec une précision de $<0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

Défense et aérospatiale

Utilisé pour le forage de bunkers souterrains et le renforcement des fondations de bases de lancement de fusées, résistance aux chocs $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$.

6. Progrès technologiques des forets en carbure cimenté pour roches dures et schistes

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliore la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98 \% \pm 1 \%$), prolongeant la durée de vie de $25 \% \pm 3 \%$, ce qui le rend adapté aux puits ultra-profonds.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et la température ($< 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) en temps réel, optimisant les cycles de remplacement avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30\text{-}50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des lames complexes d'une résistance de $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, réduisant ainsi le gaspillage de matière de $10 \% \pm 2 \%$.

Conception adaptative

Ajustez dynamiquement les paramètres de coupe (tels que la pression et la vitesse de perçage) pour améliorer l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

7. Normes relatives aux trépan de forage en carbure cimenté pour roches dures et schistes

Il est conforme aux normes internationales telles que API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 et IEC 61400. Si l'usure dépasse la limite ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), il doit être remplacé. Le taux d'accident est inférieur à $0,1 \% \pm 0,02 \%$. Les opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque et lunettes de sécurité). Une nouvelle norme relative au faible taux d'usure a été ajoutée afin de mettre l'accent sur les exigences environnementales.

Les trépan en carbure pour roches dures et schistes sont des outils essentiels pour les projets de forage grâce à leurs hautes performances et à leur conception innovante, qui ont favorisé l'amélioration de l'efficacité et l'optimisation des coûts de l'exploitation des ressources profondes. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application sont appelées à se développer. Associés à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, ils devraient atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Qu'est-ce qu'un foret à rouleaux en carbure cimenté pour puits profonds et puits horizontaux ?

Les trépan à rouleaux en carbure pour puits profonds et horizontaux sont des outils de coupe rotatifs conçus pour le forage de puits profonds et horizontaux. Largement utilisés dans l'exploration et l'exploitation pétrolières et gazières, ils sont adaptés aux conditions de formation complexes. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co) pour la fabrication des rouleaux. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure et aux chocs, garantissant un fonctionnement efficace à grande profondeur, à haute température et dans des environnements fortement abrasifs. Composants clés des équipements de forage, les trépan à rouleaux influencent directement la vitesse de forage, la stabilité de la trajectoire du puits et la durée de vie de l'outil de forage. Ils trouvent des applications importantes dans les puits ultra-profonds, les sections de puits horizontaux et les formations dures. S'appuyant sur les avancées technologiques du secteur et les informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des trépan à rouleaux.

1. Structure et matériaux des forets à rouleaux en carbure cimenté pour puits profonds et horizontaux

Le foret à rouleaux est généralement constitué de trois groupes de rouleaux ou plus montés sur un corps en acier allié haute résistance (tel que 42CrMo, dureté de trempe HRC 40-52). Les rouleaux utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance à la fatigue thermique. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C ± 10°C, pression 45-55 MPa ± 1 MPa, temps de maintien 5-10 min ± 1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C ± 10°C, pression 150-200 MPa ± 5 MPa, temps de maintien 30-60 min ± 5 min), garantissant que la densité du matériau atteint 99,9% ± 0,1% et que la porosité est < 0,1% ± 0,05%. La granulométrie est contrôlée avec précision entre 0,5 et 2 µm (de préférence entre 0,8 et 1,2 µm ± 0,01 µm), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). La plage de dureté est HV 1800-2200 ± 30, et peut atteindre localement 2400-2600 ± 50. Les types de dents d'engrenage comprennent des dents d'insertion (TCI) ou des dents en acier. Les TCI conviennent aux formations dures, tandis que les dents en acier conviennent aux formations tendres à moyennement dures. Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5-2 µm ± 0,1 µm) peut être appliqué à la pointe de la dent, ce qui réduit le coefficient de frottement à < 0,25 ± 0,05, améliore la résistance à l'usure de 20 % ± 3 % et améliore encore la résistance à la fatigue par modification de surface (par exemple, renforcement au laser). Le système de roulement utilise des roulements à rouleaux ou des paliers lisses, équipés de joints à face métallique et d'une lubrification à compensation de pression, et résiste aux températures élevées (> 250 °C ± 10 °C).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques

Le trépan à molettes fonctionne par rotation (vitesse de 60 à 200 tr/min $\pm$ 10 tr/min) et pressurisation (pression de 100 à 500 kN $\pm$ 10 kN). Le trépan à molettes tourne autour de son axe et ses dents brisent la formation rocheuse par concassage, cisaillement et meulage. Le trépan pour puits profonds est conçu avec une denture courte haute résistance et un angle de coupe optimisé (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$) pour améliorer la pénétration des formations très dures ; le trépan pour puits horizontaux est optimisé avec une structure à dents longues pour résister aux forces latérales et s'adapter aux trajectoires complexes et aux conditions d'usure excentrique. Le trépan génère une force d'impact élevée (50 à 300 kN $\pm$ 10 kN) au fond du puits, combinée à l'effet de rinçage et de transport du fluide de forage (à base d'eau ou d'huile), pour éliminer les débris. Il est adapté aux formations présentant une résistance à la compression de 20 à 80 MPa. La profondeur de forage des puits profonds peut atteindre 5 000 à 8 000 m, et la longueur des sections horizontales peut atteindre 2 000 à 3 000 m. Le rendement, variable selon la formation, peut atteindre 50 à 120 m/h. La technologie la plus récente intègre un mécanisme d'oscillation adaptatif pour améliorer l'efficacité du forage dans les formations complexes de $5 \% \pm 1 \%$.

3. Performance et facteurs d'influence

Propriétés des matériaux

Le WC offre une dureté élevée, le Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, la valeur maximale peut atteindre 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), le taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, la résistance à haute température (résistance à l'oxydation $> 95 \% \pm 2 \%$ à $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Le TaC améliore la stabilité à haute température et le Cr_3C_2 réduit la corrosion intergranulaire.

Conception géométrique

L'angle et la forme des dents du cône s'ajustent en fonction de la profondeur et de la trajectoire du puits. Des dents courtes haute densité sont utilisées pour les puits profonds, tandis que des dents longues anti-usure excentrique sont utilisées pour les puits horizontaux. La conception de la rainure d'évacuation des copeaux (largeur 5-10 mm $\pm$ 0,5 mm) optimise l'évacuation des copeaux, et la rainure en spirale améliore l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$.

Paramètres de travail

La pression de forage, la vitesse de rotation et le débit du fluide de forage ont un impact direct sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés (comme une pression de forage $> 500 \text{ kN}$ ou une vitesse de rotation $> 200 \text{ tr/min}$) peuvent réduire la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$ et nécessitent un ajustement dynamique.

Facteurs environnementaux

Les températures élevées ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), l'abrasion importante (comme les formations de sable de quartz) ou les formations contenant de l'eau augmentent l'usure de $5 \% \pm 1 \%$. Les pressions élevées en puits profonds ($> 70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) nécessitent une étanchéité et une lubrification renforcées.

4. Types et applications

Foret rotatif pour puits profonds

Caractéristiques : Disposition à dents courtes à haute résistance, adaptée aux puits ultra-profonds ($>$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5 000 m, résistance à la compression 20-60 MPa), durée de vie 200-350 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 20-50 m/h, couramment utilisée dans l'exploration pétrolière et gazière en profondeur.

Foret à rouleaux pour puits horizontaux

Caractéristiques : Structure à dents longues pour résister aux forces latérales, adaptée aux sections horizontales (résistance à la compression 20-50 MPa), durée de vie 250-400 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 30-70 m/h, largement utilisée dans le développement du gaz de schiste et le forage à trajectoire complexe.

Forets hybrides

Caractéristiques : Combinant TCI et dents en acier, il convient aux formations complexes (résistance à la compression 20-80 MPa), avec une efficacité d'essai de 70-120 m/h $\pm$ 5 m/h, et convient à l'alternance de formations molles et dures.

Forets spéciaux

Comprend des forets résistants aux hautes températures ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) et des forets résistants aux hautes pressions (résistance à la pression $> 100\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$), optimisés pour le forage en haute mer et les formations à haute température.

5. Application des forets à rouleaux en carbure cémenté dans les puits profonds et les puits horizontaux

Forage pétrolier et gazier

Applicable aux puits ultra-profonds, aux puits horizontaux et au forage offshore, avec une durée de vie de 300 à 400 heures, conforme aux normes API 7-1, et prenant en charge le développement du pétrole et du gaz en profondeur.

Exploration géologique

Utilisé pour l'échantillonnage de carottes profondes, précision $\pm 0,01\text{ mm}$, conformément à la norme ISO 3551, pour l'évaluation des ressources géothermiques et minérales.

Exploitation minière

Utilisé pour l'extraction de roches dures telles que le cuivre et le minerai de fer, avec une résistance à l'usure de $> 95\% \pm 2\%$, conformément aux normes ISO 10896, et aide à l'extraction de métaux des terres rares.

Construction d'infrastructures

Il est utilisé pour le forage de fosses de fondation profondes de tunnels et de ponts, s'adapte aux couches de dureté élevée et prend en charge les projets d'ingénierie à grande échelle.

Transition énergétique

Utilisé pour le forage géothermique et le renforcement des fondations des tours éoliennes, avec une résistance exceptionnelle aux hautes températures, conformément aux normes IEC 61400.

Recherche et développement

Appliqué aux expériences de mécanique des roches et aux essais en puits profonds, avec une précision de $< 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$.

Ingénierie de la défense

Utilisé pour le forage souterrain et le renforcement des fondations des bases militaires, résistance aux chocs $> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6. Progrès technologique

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliore la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98 \% \pm 1 \%$), prolongeant la durée de vie de 25 $\% \pm 3 \%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et la température ($< 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) en temps réel, optimisant les cycles de remplacement avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30-50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des engrenages complexes avec une résistance de $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ et une réduction des déchets de matière de $10\% \pm 2\%$.

Technologie adaptative

Ajustez dynamiquement la pression de forage et la vitesse de rotation pour améliorer l'efficacité de $15\% \pm 2\%$ et optimisez les paramètres de forage à l'aide d'algorithmes d'IA.

7. Sécurité et normes

Il est conforme aux normes internationales telles que API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 et IEC 61400. Si l'usure dépasse la limite ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), il doit être remplacé. Le taux d'accident est inférieur à $0,1\% \pm 0,02\%$. Les opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque, lunettes de sécurité). L'inspection de sécurité et la conception de l'étanchéité doivent être renforcées dans les environnements à haute pression des puits profonds.

Grâce à leurs performances élevées et à leur conception innovante, les forets à rouleaux en carbure cimenté pour puits profonds et horizontaux sont des outils essentiels pour les projets de forage complexes, favorisant l'amélioration de l'efficacité et l'optimisation des coûts dans l'exploitation des ressources profondes. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application seront encore élargies. Associés à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, ils devraient atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Que sont les forets en carbure pour percer le granit et le basalte ?

Les trépan en carbure pour granit et basalte sont des outils de coupe conçus pour le forage des roches très dures. Ils sont principalement utilisés en exploration géologique, en exploitation minière et en construction d'infrastructures, ciblant les formations très dures comme le granit et le basalte. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co) pour la fabrication des trépan. Ces matériaux offrent une excellente dureté, une résistance à l'usure et aux chocs, garantissant un fonctionnement efficace dans des conditions de dureté et d'abrasion élevées. Composants clés des équipements de forage, les trépan influencent directement la vitesse de forage, la durée de vie et la qualité de construction. Ils sont largement utilisés dans l'exploitation minière des roches dures et le forage profond. S'appuyant sur les avancées technologiques du secteur et les informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des trépan.

1. Structure et matériaux des forets en carbure cimenté pour granit et basalte

Le foret adopte une conception composite en PDC (composite de diamant polycristallin) et en carbure cimenté. Le corps principal est en acier allié haute résistance (tel que 42CrMo, dureté de trempe HRC 40-52). Les dents ou lames de coupe utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure et du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complétés par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance à la fatigue thermique. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que la densité du matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). La plage de dureté est HV $1800 - 2200 \pm 30$, et peut atteindre localement $2400 - 2600 \pm 50$. La couche PDC a une épaisseur de $0,5$ à 2 mm , combinée au substrat en carbure cimenté, pour améliorer la résistance aux chocs et à l'usure (K_{1c} $12 - 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$). Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur $0,5 - 1,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peut être appliqué sur la pointe de la dent. Le coefficient de frottement est réduit à $< 0,25 \pm 0,05$, la résistance à l'usure est améliorée de $20 \% \pm 3 \%$ et la résistance à la fatigue est encore améliorée par une modification de surface (par exemple, un renforcement au laser). Le foret est équipé de roulements hautes performances et de joints métalliques, et résiste aux températures élevées ($> 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$).

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des forets en carbure cimenté pour granit et basalte

Le trépan fonctionne par rotation (vitesse de 80 à $250 \text{ tr/min} \pm 10 \text{ tr/min}$) et pressurisation (pression de 100 à $500 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$). Les dents ou lames de coupe brisent le granit (résistance à la compression de 80 à 200 MPa) et le basalte (100 à 300 MPa) par cisaillement et meulage élevés. Le trépan est

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

conçu avec une disposition de dents courtes haute densité et un angle de coupe optimisé (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$) pour s'adapter aux formations ultra-dures. Combiné à l'effet de rinçage et de transport du fluide de forage (à base d'eau ou d'huile), il réduit l'adhérence et l'accumulation de débris. Le trépan génère une force d'impact élevée (100 à 400 kN $\pm$ 10 kN) au fond du puits, adaptée aux formations très dures. La profondeur de forage peut atteindre des centaines, voire des milliers de mètres. L'efficacité dépend de la dureté de la roche et peut atteindre 30 à 80 m/h. La dernière technologie introduit un mécanisme d'oscillation adaptatif pour améliorer l'efficacité de forage des formations ultra-dures de $5\% \pm 1\%$.

Performances et facteurs d'influence des forets en carbure cimenté pour le forage du granit et du basalte

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 MPa $\cdot$ m^{1/2} $\pm$ 0,5, la valeur maximale peut atteindre 18 MPa $\cdot$ m^{1/2} $\pm$ 0,5), taux d'usure < 0,05 mm³ / N $\cdot$ m $\pm$ 0,01 mm³ / N $\cdot$ m, résistance à haute température (résistance à l'oxydation > 95 % $\pm$ 2 % à > 800 °C $\pm$ 20 °C). La résistance à l'usure de la couche PDC est 30 % $\pm$ 5 % supérieure à celle du carbure cimenté, mais la sensibilité aux chocs doit être optimisée.

Conception géométrique : l'angle de coupe de 15° - $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimise l'efficacité du perçage, et la forme conique ou sphérique des dents améliore la pénétration dans le granit et le basalte. La rainure à copeaux (largeur de 5-10 mm $\pm$ 0,5 mm) optimise l'évacuation des copeaux, tandis que la rainure hélicoïdale améliore l'efficacité de 10 % $\pm$ 2 %.

Paramètres de fonctionnement : la pression de forage, la vitesse de rotation et le débit du fluide de forage influent directement sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés (comme une pression de forage > 500 kN ou une vitesse de rotation > 250 tr/min) peuvent réduire la durée de vie de 15 % $\pm$ 2 %. Ils doivent être ajustés dynamiquement en fonction des caractéristiques de la formation.

Facteurs environnementaux : Une température élevée (> 700 °C $\pm$ 20 °C), une forte abrasion (comme les formations contenant du sable de quartz) ou des formations contenant de l'eau augmentent l'usure de 5 % $\pm$ 1 %, et une pression élevée (> 100 MPa $\pm$ 5 MPa) nécessite une structure et des joints renforcés.

4. Types et applications des forets en carbure cimenté pour granit et basalte

Forets pour granit

Caractéristiques : Dents courtes avec disposition haute densité, adaptées au granit (résistance à la compression 80-200 MPa), durée de vie 150-300 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 20-40 m/h, couramment utilisées dans l'exploitation minière profonde.

Trépans de forage de basalte

Caractéristiques : Dents courtes avec disposition haute densité, adaptées au basalte (résistance à la compression 100-300 MPa), durée de vie 200-350 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 15-30 m/h, largement utilisées dans la construction d'infrastructures.

Forets hybrides

Caractéristiques : Combinant PDC et carbure cimenté, il convient aux formations ultra-dures et complexes (résistance à la compression 80-300 MPa), avec une efficacité d'essai de 40-80 m/h $\pm$ 5 m/h, et convient aux conditions géologiques variables.

Forets spéciaux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Il s'agit notamment de forêts résistantes aux hautes températures ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) et de forêts résistantes aux hautes pressions (résistants à la pression $> 120\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$), optimisés pour les environnements extrêmes tels que les roches volcaniques et les formations sous-marines.

5. Application des forêts en carbure cimenté pour le forage du granit et du basalte

Exploration géologique

Utilisé pour l'échantillonnage de carottes profondes, précision $\pm 0,01\text{ mm}$, conformément à la norme ISO 3551, pour l'évaluation des ressources géothermiques et minérales.

Exploitation minière

Appliqué à l'extraction de minerais de granit et de basalte, avec une résistance à l'usure de $> 95\% \pm 2\%$, conformément aux normes ISO 10896, facilitant l'extraction de terres rares et de métaux précieux.

Construction d'infrastructures

Utilisé pour percer des trous dans les tunnels, les ponts et les fondations ferroviaires à grande vitesse, adapté aux formations ultra-dures et prenant en charge des projets d'ingénierie à grande échelle.

Transition énergétique

Il est utilisé dans le forage géothermique et le renforcement des fondations des tours éoliennes, avec une résistance exceptionnelle aux hautes températures et est conforme aux normes IEC 61400.

Recherche et éducation

Appliqué aux expériences de mécanique des roches et au forage de roches ultra-dures, avec une précision de $< 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$.

Ingénierie de la défense

Utilisé pour le forage de bunkers souterrains et le renforcement des fondations de bases militaires, résistance aux chocs $> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$.

6. Progrès technologiques des forêts en carbure cimenté pour granit et basalte

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) améliore la dureté ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98\% \pm 1\%$), prolongeant la durée de vie de $25\% \pm 3\%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 0,5\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$) et la température ($< 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) en temps réel, optimisant les cycles de remplacement avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30\text{--}50\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des lames complexes d'une résistance de $1600\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, réduisant ainsi le gaspillage de matière de $10\% \pm 2\%$.

Technologie adaptative

Ajustez dynamiquement les paramètres de coupe (tels que la pression et la vitesse de perçage) pour améliorer l'efficacité de $10\% \pm 2\%$, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. Sécurité et normes pour les forets en carbure cémenté pour granit et basalte

Il est conforme aux normes internationales telles que API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 et IEC 61400. Si l'usure dépasse la limite ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), il doit être remplacé. Le taux d'accident est inférieur à $0,1 \% \pm 0,02 \%$. Les opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque et lunettes de sécurité). Les inspections de sécurité et la conception structurelle doivent être renforcées dans les environnements à haute pression.

Les trépan en carbure pour granit et basalte sont des outils essentiels pour les projets de forage en roche dure grâce à leurs hautes performances et à leur conception innovante, qui ont favorisé l'amélioration de l'efficacité et l'optimisation des coûts de l'exploitation des ressources profondes. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application sont appelées à se développer. Associés à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, ils devraient atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.



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

Qu'est-ce qu'un foret d'échantillonnage de carottes en carbure ?

Le trépan de carottage en carbure est un outil de coupe conçu pour l'exploration géologique et la recherche scientifique, permettant d'obtenir des échantillons de haute qualité à partir de formations rocheuses. Son principal avantage réside dans l'utilisation de carbures (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co) pour sa fabrication. Ces matériaux offrent une excellente dureté, une résistance à l'usure et aux chocs, garantissant un forage efficace et préservant l'intégrité de la carotte dans divers types de roches (granit, schiste, basalte). Composant essentiel des équipements de forage géologique, le trépan de carottage influence directement la précision de l'échantillonnage, le taux de récupération de la carotte et la durée de vie du foret. Il est largement utilisé en exploration minière, pétrolière et gazière, ainsi qu'en recherche environnementale. Compte tenu des avancées technologiques du secteur et des informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des trépan de carottage.

1. Structure et matériaux des forets d'échantillonnage de carottes en carbure cimenté

Les forets de carottage sont généralement de conception cylindrique, avec une chemise sur la paroi intérieure pour protéger la carotte. Le corps principal est en acier allié à haute résistance (tel que 40CrMo, dureté de trempe HRC 40-50). La partie coupante utilise du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % $\pm$ 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % $\pm$ 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % $\pm$ 0,1 %, TaC 1 %-3 % $\pm$ 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % $\pm$ 0,1 %) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance à la fatigue thermique. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C $\pm$ 10°C, pression 45-55 MPa $\pm$ 1 MPa, temps de maintien 5-10 min $\pm$ 1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C $\pm$ 10°C, pression 150-200 MPa $\pm$ 5 MPa, temps de maintien 30-60 min $\pm$ 5 min), garantissant que la densité du matériau atteint 99,9% $\pm$ 0,1% et que la porosité est < 0,1% $\pm$ 0,05%. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 μ m (de préférence 0,8-1,2 μ m $\pm$ 0,01 μ m), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). La plage de dureté est HV 1800-2200 $\pm$ 30, et peut atteindre localement 2400-2600 $\pm$ 50. Les dents ou lames de coupe peuvent être revêtues d'un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5-1,5 μ m $\pm$ 0,1 μ m), le coefficient de frottement est réduit à < 0,25 $\pm$ 0,05, la résistance à l'usure est améliorée de 20% $\pm$ 3%, et la résistance à la fatigue est encore améliorée par modification de surface (comme le renforcement au laser). Le diamètre intérieur du foret est conçu selon les spécifications du noyau (telles que les séries NQ, HQ, PQ), le diamètre extérieur est de 50-150 mm $\pm$ 5 mm, équipé de roulements et de systèmes d'étanchéité de haute précision et d'une résistance à haute température (> 200°C $\pm$ 10°C).

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des forets d'échantillonnage en carbure cimenté

Fonctionne par rotation du trépan (vitesse de 100 à 300 tr/min $\pm$ 10 tr/min) et pressurisation (pression

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

du trépan 20 à 200 kN $\pm$ 5 kN). Les dents de coupe coupent la roche sur toute sa circonférence, et la carotte remonte jusqu'au sommet du trépan le long de la paroi interne. Le trépan est conçu pour une coupe à faible vitesse et couple élevé, un angle de coupe optimisé (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$), réduisant la fracture de la carotte et combinant l'effet de rinçage et de transport du fluide de forage (à base d'eau ou d'huile) pour garantir l'intégrité de la carotte. Il est adapté aux formations présentant une résistance à la compression de 20 à 200 MPa, et la profondeur de forage peut atteindre 1 000 à 3 000 m. Le taux de récupération cible est $> 90 \% \pm 2 \%$, et l'efficacité dépend de la dureté de la formation, jusqu'à 10 à 30 m/h. La technologie la plus récente introduit un mécanisme d'oscillation adaptatif pour augmenter le taux de récupération de la carotte des formations complexes de $5 \% \pm 1 \%$.

3. Performances et facteurs d'influence des forets d'échantillonnage en carbure cimenté

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité (K_{Ic} 12-16 MPa·m^{1/2} $\pm$ 0,5, la valeur maximale peut atteindre 18 MPa·m^{1/2} $\pm$ 0,5), taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, résistance à haute température (résistance à l'oxydation $> 95 \% \pm 2 \%$ à $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Le revêtement réduit le taux d'adhérence $< 2 \% \pm 0,5 \%$ et améliore la qualité de surface du noyau.

Conception géométrique : l'angle de coupe 15° - $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimise l'efficacité de coupe, la forme des dents est conique ou à fond plat, la douceur de la paroi intérieure $< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, réduisant le frottement du noyau.

Paramètres de fonctionnement : la pression de forage, la vitesse de rotation et le débit du fluide de forage affectent directement le taux de récupération. Des paramètres trop élevés (comme une pression de forage $> 200 \text{ kN}$ ou une vitesse de rotation $> 300 \text{ tr/min}$) peuvent réduire l'intégrité du noyau de $5 \% \pm 1 \%$ et doivent être ajustés dynamiquement.

Facteurs environnementaux : Une température élevée ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), une forte abrasivité (comme les formations de sable de quartz) ou des formations contenant de l'eau augmentent l'usure de $5 \% \pm 1 \%$, et la viscosité du fluide de forage doit être ajustée pour protéger le noyau.

4. Types et applications des forets d'échantillonnage en carbure cimenté

Forêt d'échantillonnage de roche tendre

Caractéristiques : Convient au schiste et au mudstone (résistance à la compression 20-50 MPa), durée de vie 200-300 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 20-30 m/h, couramment utilisé pour l'exploration peu profonde.

Trépans de forage pour échantillonnage de roche dure

Caractéristiques : Convient pour le granit et le basalte (résistance à la compression 50-200 MPa), durée de vie 150-250 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de perçage 10-20 m/h, largement utilisé dans les minéraux profonds.

Forets hybrides

Caractéristiques : Combinaison de PDC et de carbure cimenté, adaptée aux formations complexes (résistance à la compression 20-200 MPa), taux de récupération d'essai $> 95 \% \pm 2 \%$, adaptée aux formations alternées molles et dures.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Forets spéciaux

Comprend des forets résistants aux hautes températures ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) et des forets résistants aux hautes pressions (résistance à la pression $> 100\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$), optimisés pour les environnements extrêmes tels que les eaux profondes et les formations rocheuses volcaniques.

5. Application des forets d'échantillonnage de carottes en carbure

Exploration minière

Utilisé pour l'échantillonnage de minerais profonds, précision $\pm 0,01\text{ mm}$, conforme à la norme ISO 3551, appliqué à l'exploration des terres rares et des métaux précieux.

Exploration pétrolière et gazière

Appliqué à l'acquisition de carottes profondes, avec une durée de vie de 200 à 300 heures, il est conforme aux normes API 7-1 et prend en charge l'évaluation des champs pétroliers et gaziers.

études environnementales

Pour l'échantillonnage des sols et des sédiments, le taux de récupération est $> 90\% \pm 2\%$, ce qui répond à la norme ASTM D2113 et est utilisé dans la recherche sur le changement climatique.

Construction d'infrastructures

Utilisé pour les études géologiques des tunnels et des ponts, adapté aux couches de dureté élevée et pour soutenir la sélection du site du projet.

Recherche et éducation

Appliqué aux expériences de mécanique des roches et aux essais de forage géologique, avec une précision de $< 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$.

Ingénierie de la défense

Utilisé pour l'exploration des ressources souterraines et l'évaluation des fondations des bases militaires, résistance aux chocs $> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$.

6. Technologie des forets d'échantillonnage en carbure

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) améliore la résistance à l'usure (HV 2200-2600 ± 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98\% \pm 1\%$), prolongeant la durée de vie de $25\% \pm 3\%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 0,5\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$) et l'état du noyau en temps réel, optimisant les paramètres de forage avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30\text{-}50\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des structures de coupe complexes avec une résistance de $1500\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$.

Technologie adaptative

Ajustez dynamiquement la vitesse de coupe pour augmenter le taux de récupération de $5\% \pm 1\%$ et combinez l'algorithme d'IA pour optimiser le processus de perçage.

7. Sécurité et normes des forets d'échantillonnage en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Il est conforme aux normes internationales telles que ISO 3551, ASTM D2113 et API 7-1. Si l'usure dépasse la limite ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), il doit être remplacé. Le taux d'accident est inférieur à $0,1 \% \pm 0,02 \%$. Les opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque, lunettes de sécurité). Le forage profond nécessite des tests de sécurité et une conception d'étanchéité renforcés.

Grâce à leur haute précision et à leur conception innovante, les forets d'échantillonnage en carbure sont des outils essentiels pour l'exploration géologique, favorisant l'amélioration de l'efficacité de l'exploitation des ressources et l'optimisation de la qualité des données. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application seront encore élargies. Associés à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, ils devraient atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.



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

Qu'est-ce qu'un foret de puits géothermique en carbure ?

Les trépan de forage géothermique en carbure sont des outils coupants spécialement conçus pour l'exploitation des ressources géothermiques. Ils permettent de forer efficacement des formations à haute température, très dures et corrosives afin d'obtenir de l'énergie géothermique. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co) pour la fabrication des trépan. Ces matériaux offrent une excellente dureté, une résistance à l'usure et aux hautes températures, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées dans des environnements extrêmes. Composants clés des équipements de forage géothermique, les trépan influencent directement la vitesse de forage, la qualité de la profondeur du puits et la durée de vie des outils de forage. Ils sont largement utilisés dans l'exploration et l'exploitation de l'énergie géothermique. S'appuyant sur les avancées technologiques du secteur et les informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des trépan.

1. Structure et matériaux des trépan de forage géothermique en carbure cimenté

Le foret adopte généralement une conception composite en PDC (composite de diamant polycristallin) et en carbure cimenté. Le corps principal est en acier allié résistant aux hautes températures (tel que 42CrMoNi, dureté de trempe HRC 40-52). La partie coupante utilise du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure et du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complétés par des additifs résistants aux hautes températures (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour améliorer les performances. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que la densité du matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision entre $0,5$ et $2 \mu\text{m}$ (de préférence entre $0,8$ et $1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). La plage de dureté est $\text{HV } 1800 - 2200 \pm 30$, et peut atteindre localement $2400 - 2600 \pm 50$. L'épaisseur de la couche PDC est de $0,5$ à 2 mm , combinée au substrat en carbure cimenté, et résiste aux températures élevées ($> 400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Un revêtement TiAlN ou CrN (épaisseur $0,5 - 1,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) est appliqué sur la pointe de la dent. Le coefficient de frottement est réduit à $< 0,25 \pm 0,05$, la résistance à la corrosion est améliorée de $15 \% \pm 2 \%$ et la résistance à la fatigue est encore améliorée par une modification de surface (par exemple, renforcement laser). Le foret est équipé de joints haute température ($> 300^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) et d'un système de lubrification à pression compensée.

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des forets géothermiques en carbure cimenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Le foret fonctionne par rotation (vitesse de 80 à 200 tr/min $\pm$ 10 tr/min) et pressurisation (pression de 100 à 600 kN $\pm$ 10 kN). Les dents ou lames de coupe brisent les roches à haute température (comme le granite, le basalte, dont la résistance à la compression est de 80 à 300 MPa) par cisaillement et meulage. Le foret est conçu avec une denture courte haute densité et un angle de coupe optimisé (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$) pour s'adapter aux environnements à haute température et haute pression. Il combine les effets de rinçage et de transport des fluides de forage à haute température (à base d'eau ou d'huile) pour éliminer les débris. Le trépan génère une force d'impact élevée (100-500 kN $\pm$ 10 kN) au fond du puits et convient aux formations géothermiques d'une profondeur de 3 000 à 7 000 m et d'une température de 200 à 350 °C $\pm$ 10 °C. L'efficacité du forage dépend de la dureté de la formation et peut atteindre 20 à 60 m/h. La technologie la plus récente intègre un mécanisme d'oscillation adaptatif pour augmenter l'efficacité du forage des formations à haute température de 5 % $\pm$ 1 %.

3. Performances et facteurs d'influence des trépan de forage de puits géothermiques en carbure cimenté

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 MPa $\cdot$ m² / $\pm$ 0,5, la valeur maximale peut atteindre 18 MPa $\cdot$ m² / $\pm$ 0,5), résistance à haute température (résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$ à $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). TaC améliore la stabilité thermique, Cr₃C₂ réduit la corrosion intergranulaire et le taux de résistance à la corrosion du revêtement est $< 0,01$ mm/an $\pm$ 0,001 mm/an.

Conception géométrique : L'angle de coupe de 15° - $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimise l'efficacité du forage, et la forme conique des dents améliore la pénétration dans les roches très dures. La rainure d'évacuation des copeaux (largeur de 5-10 mm $\pm$ 0,5 mm) optimise l'évacuation des copeaux, tandis que la rainure en spirale améliore l'efficacité de 10 % $\pm$ 2 %.

Paramètres de fonctionnement : la pression de forage, la vitesse de rotation et le débit du fluide de forage ont un impact direct sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés (comme une pression de forage > 600 kN ou une vitesse de rotation > 200 tr/min) peuvent réduire la durée de vie de 15 % $\pm$ 2 %. Ils doivent être ajustés dynamiquement en fonction des caractéristiques de la formation.

Facteurs environnementaux : Une température élevée ($> 350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), une pression élevée (> 100 MPa $\pm$ 5 MPa) ou des formations contenant du H₂S augmentent l'usure de 5 % $\pm$ 1 %, nécessitant une conception anticorrosion améliorée et une lubrification à haute température.

4. Types et applications des forets géothermiques en carbure cimenté

Foret géothermique peu profond

Caractéristiques : Applicable à 200-1000 m, résistance à la compression 20-80 MPa, durée de vie 200-300 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de perçage 30-50 m/h, couramment utilisé dans le développement à faible énergie thermique.

Forage géothermique profond

Caractéristiques : Applicable à 3000-7000 m, résistance à la compression 80-300 MPa, durée de vie 150-250 heures $\pm$ 20 heures, vitesse de forage 20-40 m/h, largement utilisé dans les puits

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

géothermiques à haute température.

Forets hybrides

Caractéristiques : Combinant PDC et carbure cimenté, il convient aux formations complexes à haute température (résistance à la compression 20-300 MPa), avec une efficacité d'essai de 40-60 m/h $\pm$ 5 m/h, et convient aux conditions géologiques variables.

Forets spéciaux

Il s'agit notamment de forets ultra-haute température ($> 400^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$) et de forets résistants à la corrosion (résistants au H_2S > 5000 heures ± 200 heures), optimisés pour les environnements extrêmes tels que les formations profondes à haute température.

5. Application des forets géothermiques en carbure cimenté

Exploration de l'énergie géothermique

Utilisé pour l'évaluation des ressources géothermiques profondes, avec une précision de $\pm 0,01$ mm, conformément à la norme ISO 3551, pour la détermination du potentiel énergétique géothermique.

Développement de l'énergie thermique profonde

Applicable au forage de puits géothermiques à haute température, avec une durée de vie de 200 à 300 heures, conforme aux normes API 7-1 et prenant en charge la production d'énergie géothermique.

Transition énergétique

Utilisé dans le chauffage géothermique et les nouveaux projets énergétiques, il présente une résistance exceptionnelle aux hautes températures et est conforme aux normes IEC 61400.

Recherche et développement

Appliqué aux tests de formation géothermique et à la recherche sur le flux de chaleur, avec une précision de $< 0,01$ mm $\pm 0,005$ mm.

Construction d'infrastructures

Utilisé dans les projets d'intégration de puits géothermiques et d'infrastructures, adaptable aux couches de dureté élevée et supportant les bâtiments écologiques.

Ingénierie de la défense

Pour le forage de ressources géothermiques et les applications militaires, résistance aux chocs > 50 J ± 5 J.

6. Technologie des forets de forage de puits géothermiques en carbure cimenté

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5$ $\mu\text{m}\pm 0,01$ μm) améliore la résistance aux hautes températures (HV 2200-2600 ± 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98\% \pm 1\%$), prolongeant la durée de vie de $25\% \pm 3\%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 0,5$ mm $\pm 0,05$ mm) et la température ($< 400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) en temps réel, optimisant les paramètres de perçage avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30-50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des structures de coupe complexes avec une résistance de $1600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, réduisant le gaspillage de matière de $10 \% \pm 2 \%$.

Technologie adaptative

Ajustez dynamiquement les paramètres de coupe (tels que la pression et la vitesse de perçage) pour améliorer l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

7. Sécurité et normes des forêts géothermiques en carbure cimenté

Il est conforme aux normes internationales telles que ISO 3551, API 7-1 et IEC 61400. Si l'usure dépasse la limite ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), il doit être remplacé. Le taux d'accident est inférieur à $0,1 \% \pm 0,02 \%$. Les opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque, lunettes de sécurité). Les inspections de sécurité et les conceptions d'étanchéité doivent être renforcées dans les environnements à haute température et haute pression. Grâce à leurs performances élevées et à leur conception innovante, les trépan de forage géothermique en carbure cimenté sont des outils essentiels pour le développement géothermique, favorisant l'amélioration de l'efficacité et l'optimisation des coûts des énergies renouvelables. À l'ère de l'IA et du contexte de l'Internet industriel, ses perspectives de production et d'application seront encore élargies. Associé à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, il devrait atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.



Que sont les fraises à drague en carbure ?

Les dents de coupe en carbure sont des outils de coupe à haut rendement spécialement conçus pour les dragues, utilisés pour le dragage des rivières, des ports et l'excavation et le nettoyage des fonds marins. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cémenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à un revêtement résistant à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure et à la corrosion, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées dans des environnements très abrasifs, humides et impurifiés. Composants clés du godet ou de la tête de coupe de la drague, les dents de coupe influencent directement l'efficacité du dragage, la capacité de manutention et la durée de vie des équipements. Elles sont largement utilisées dans l'entretien des voies navigables, la construction portuaire et l'ingénierie maritime. Compte tenu des progrès technologiques du secteur et des informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents de coupe.

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

1. Structure et matériaux des dents de coupe en carbure cimenté des dragues

Les dents de coupe sont généralement conçues avec des lames pointues ou larges et installées sur un substrat en acier allié haute résistance (tel que 40CrMo, dureté de trempe HRC 40-52). Le corps de la dent utilise du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la résistance à l'usure et à la corrosion. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min), garantissant que la densité du matériau atteint 99,9%±0,1% et que la porosité est <0,1%±0,05%. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm (de préférence 0,8-1,2 μm±0,01 μm), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). La plage de dureté est HV 1800-2200±30, et peut atteindre 2400-2600±50 localement. Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5-2 μm±0,1 μm) est appliqué sur la pointe de la dent, le coefficient de frottement est réduit à <0,25±0,05, la résistance à la corrosion est améliorée de 15%±2%, et la résistance à la fatigue est encore améliorée par modification de surface (comme le renforcement au laser). Les méthodes de fixation comprennent le soudage par induction haute fréquence (résistance de soudage > 700 MPa ± 20 MPa) ou le serrage mécanique (force de serrage > 10 kN ± 0,5 kN), qui peut s'adapter à un travail à couple élevé (200-800 kN·m ± 20 kN·m).

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des dents de coupe en carbure cimenté

Les dents de coupe fonctionnent grâce à l'entraînement mécanique ou hydraulique de la drague (vitesse de coupe 0,5-2 m/s ± 0,1 m/s, puissance 500-2000 kW ± 50 kW), coupant et excavant les formations de limon, d'argile ou de gravier en surface. Les pointes des dents concassent le matériau par extrusion (pression de contact 150-400 MPa ± 10 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 30-70 MPa ± 5 MPa), ce qui convient aux formations présentant une résistance à la compression de 5 à 50 MPa. La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle d'attaque de 20°-40° ± 5°, un angle de coupe arrière de 5°-15° ± 2° et des vibrations réduites (accélération < 10 m/s² ± 1 m/s²). La pointe de la dent est soumise à des charges abrasives et thermiques élevées (température de surface 200-500 °C ± 10 °C), et la matrice assure un support structurel (résistance à la traction > 1 200 MPa ± 50 MPa) et une résistance à la fatigue (durée de vie > 10⁶ fois ± 10⁴ fois). La dernière technologie introduit un mécanisme d'oscillation adaptatif pour améliorer l'efficacité de coupe des formations complexes de 5 % ± 1 %.

3. Performances et facteurs d'influence des dents de coupe de drague en carbure cimenté

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, la valeur maximale peut atteindre 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5), taux d'usure < 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an ± 0,001 mm/an,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance $Cl^- > 3000$ heures ± 200 heures).

Conception géométrique : dents pointues pour les terrains durs, dents larges pour les terrains tendres ou collants, efficacité de coupe optimisée (consommation énergétique $< 10 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,5 \text{ kWh/m}^3$). La conception des rainures à copeaux (largeur $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimise l'enlèvement de matière.

Paramètres de fonctionnement : la vitesse de coupe, la puissance et le débit de boue influencent directement la durée de vie. Des paramètres trop élevés (vitesse $> 2 \text{ m/s}$ ou puissance $> 2000 \text{ kW}$) peuvent réduire la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$ et doivent être ajustés dynamiquement.

Facteurs environnementaux : Une teneur en eau $> 15 \% \pm 2 \%$, une teneur en sable $> 5 \% \pm 1 \%$ ou une salinité $> 3 \% \pm 0,5 \%$ augmenteront l'usure de $5 \% \pm 1 \%$ et nécessiteront un revêtement anticorrosion et une lubrification améliorés.

4. Types et applications des dents de coupe en carbure cimenté pour dragues

Dents de coupe standard

Caractéristiques : Convient pour la boue molle et l'argile (résistance à la compression $5-20 \text{ MPa}$), durée de vie $300-500$ heures ± 20 heures, efficacité de coupe $150-300 \text{ m}^3/\text{h}$, couramment utilisé pour le dragage fluvial.

Dents de coupe améliorées

Caractéristiques : Convient pour le gravier ou le sol dur (résistance à la compression $20-50 \text{ MPa}$), durée de vie $250-400$ heures ± 20 heures, efficacité de coupe $100-250 \text{ m}^3/\text{h}$, largement utilisé dans la construction portuaire.

Dents de coupe résistantes à la corrosion

Caractéristiques : Convient à l'environnement d'eau de mer, résistance $Cl^- > 4000$ heures ± 200 heures, durée de vie $350-450$ heures ± 20 heures, convient à l'ingénierie marine.

Dents de coupe spéciales

Comprend des dents de coupe résistantes aux hautes températures ($> 500 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$) et des dents de coupe super résistantes à l'usure (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimisées pour les environnements extrêmes tels que le dragage en haute mer.

5. Application des dents de coupe en carbure de tungstène

Maintenance des canaux

Utilisé pour le dragage des rivières et des canaux, avec une durée de vie de 300 à 400 heures, il est conforme aux normes ISO 19901 pour assurer la sécurité de la navigation.

Construction portuaire

Appliqué à l'expansion des ports et au nettoyage des fondations des quais, résistance à l'usure $> 95 \% \pm 2 \%$, conformément à la norme DIN 19704.

Ingénierie maritime

Utilisé pour l'excavation sous-marine et la pose de pipelines, avec une résistance à la corrosion exceptionnelle, conforme à la norme API 7K.

Gouvernance environnementale

Appliqué au nettoyage des sédiments pollués, avec un taux de récupération de $> 90\% \pm 2\%$, soutenant les projets d'amélioration de la qualité de l'eau.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Construction d'infrastructures

Utilisé pour le dragage des centrales hydroélectriques et des fondations de ponts, adapté aux couches de dureté élevée et pour soutenir des projets à grande échelle.

Recherche et développement

Appliqué à l'échantillonnage géologique marin et aux tests sous-marins, avec une précision de $<0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

Récupération de terres, construction d'îles et de récifs

Dans les projets de poldérisation et de construction d'îles, les dents de coupe peuvent traiter efficacement les formations dures des fonds marins (comme les récifs coralliens et les couches de gravier, avec une résistance à la compression de 20 à 50 MPa), réaliser des excavations et des remblayages de grande envergure, avoir une durée de vie de 300 à 450 heures et un rendement de 200 à 500 m^3/h , garantissant ainsi l'avancement du projet. En particulier dans la construction d'îles et de récifs, la résistance à la corrosion (résistance au $\text{Cl}^- > 4\,000$ heures) et à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) des dents de coupe assure un fonctionnement continu en milieu marin, assure la formation rapide d'îles artificielles stratégiques et constitue une base solide pour la construction de la sécurité et de la défense nationales. Des dents de coupe améliorées et spéciales peuvent également supporter les formations très dures des grands fonds, répondre aux besoins urgents de la construction de bases militaires, d'installations de défense portuaire et de stations d'approvisionnement offshore, et renforcer le contrôle stratégique de la Chine sur des eaux clés comme la mer de Chine méridionale.

6. Technologie des dents de coupe en carbure de tungstène

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliore la résistance à l'usure (HV 2200-2600 ± 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à la corrosion ($> 98 \% \pm 1 \%$), prolongeant la durée de vie de $25 \% \pm 3 \%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure en temps réel (profondeur $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et optimisent les cycles de remplacement avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30\text{-}50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des formes de dents complexes avec une résistance de $1400 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, réduisant ainsi le gaspillage de matière de $10\% \pm 2\%$.

Conception adaptative

Ajustez dynamiquement les angles de coupe (tels que l'angle d'entrée et l'angle de coupe arrière) pour améliorer l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

7. Normes relatives aux dents de coupe en carbure des dragues

Conforme aux normes internationales telles que ISO 19901, DIN 19704, API 7K, etc. En cas d'usure supérieure à $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, un remplacement est nécessaire. Le taux d'accident est inférieur à $0,1 \% \pm 0,02 \%$. Les opérateurs doivent donc porter un équipement de protection (casque, lunettes de sécurité, bottes antidérapantes). L'environnement marin exige une conception antidérapante et une étanchéité renforcée.

Grâce à leurs performances élevées et à leur conception innovante, les dents de drague en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sont des outils clés de l'ingénierie du dragage, contribuant à l'amélioration de l'efficacité de l'exploitation des ressources en eau et à l'optimisation des coûts. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application sont appelées à se développer. Associées à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, elles devraient offrir une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir, notamment pour la poldérisation, la construction d'îles et de récifs, et les projets de défense nationale.



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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Que sont les dents de cassage du bois en carbure ?

Les dents de broyage en carbure sont un outil de coupe très efficace conçu pour les broyeurs à bois. Elles servent à broyer le bois, les branches et les déchets de bois en fines particules ou en copeaux. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à un revêtement résistant à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure et aux chocs, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées dans des environnements à forte intensité, à forte humidité et contenant des impuretés. Composants clés du tambour ou du disque de broyage, les dents de broyage influencent directement l'efficacité de broyage, l'uniformité des particules et la durée de vie de l'équipement. Elles sont largement utilisées dans la transformation du bois, la production d'énergie à partir de biomasse et le recyclage des déchets. Suivant les progrès technologiques de l'industrie et les informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents de broyage.

1. Structure et matériau des dents de broyage à bois en carbure

Les dents de concassage sont généralement conçues avec des pointes pointues ou dentelées et installées sur un substrat en acier allié haute résistance (tel que 40Cr, dureté de trempe HRC 40-50). Le corps de la dent utilise du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, VC < 1 % ± 0,1 %) pour optimiser la résistance à l'usure et les performances anti-adhérence. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min), garantissant que la densité du matériau atteint 99,9%±0,1% et que la porosité est <0,1%±0,05%. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm (de préférence 0,8-1,2 μm±0,01 μm), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). La plage de dureté est HV 1800-2200±30, et peut atteindre 2400-2600±50 localement. Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5-1,5 μm±0,1 μm) est appliqué sur la pointe de la dent, le coefficient de frottement est réduit à < 0,25±0,05, et l'anti-adhérence (taux d'adhérence < 2%±0,5%) améliore l'efficacité du traitement du bois, et les performances anti-fatigue sont encore améliorées par une modification de surface (comme le renforcement au laser). Les méthodes de fixation comprennent la connexion par boulon ou le soudage (résistance de soudage > 600 MPa ± 20 MPa), qui peuvent s'adapter à un travail à couple élevé (100-500 kN·m ± 10 kN·m).

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des dents de broyage du bois en carbure

Les dents de broyage fonctionnent grâce à la rotation du broyeur à bois (vitesse 200-600 tr/min ± 20 tr/min, puissance 50-300 kW ± 10 kW), coupant et écrasant le bois le long de sa surface. La pointe de la dent décompose les fibres de bois par extrusion (pression de contact 50-150 MPa ± 5 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 20-50 MPa ± 2 MPa), ce qui convient aux bois

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

d'une dureté de 5 à 30 MPa et aux couches d'impuretés. La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle d'attaque de $25^{\circ}-45^{\circ} \pm 5^{\circ}$, un angle de coupe arrière de $5^{\circ}-15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ et des vibrations réduites (accélération $< 8 \text{ m/s}^2 \pm 0,5 \text{ m/s}^2$). La pointe de la dent est soumise à des charges d'usure et d'adhérence élevées (température de surface $100-300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), et la matrice assure un support structurel (résistance à la traction $> 1100 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^4$ fois). La dernière technologie introduit un mécanisme d'oscillation adaptatif pour améliorer l'efficacité de broyage des bois complexes et des strates impures de $5\% \pm 1\%$.

3. Performances et facteurs d'influence des dents de broyage du bois en carbure

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité (K_{IC} $12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, la valeur maximale peut atteindre $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$).

Conception géométrique : dents pointues pour bois durs ou bois cloutés, dents crantées pour bois tendres ou bois de gros diamètre, efficacité de broyage optimisée (consommation énergétique $< 5 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,2 \text{ kWh/m}^3$). Conception des rainures à copeaux (largeur $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimisant l'évacuation des copeaux.

Paramètres de fonctionnement : La vitesse, la puissance et l'avance influent directement sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés (comme une vitesse $> 600 \text{ tr/min}$ ou une puissance $> 300 \text{ kW}$) peuvent réduire la durée de vie de $15\% \pm 2\%$ et doivent être ajustés dynamiquement.

Facteurs environnementaux : une teneur en eau supérieure à $20\% \pm 2\%$, une teneur en impuretés supérieure à $5\% \pm 1\%$ ou une température supérieure à $300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ augmentent l'usure de $5\% \pm 1\%$. Il est nécessaire de nettoyer régulièrement l'adhérence et d'optimiser le revêtement.

4. Types de dents de broyage du bois en carbure

Dents de concassage standard

Caractéristiques : Convient aux bois tendres et aux branches (dureté $5-15 \text{ MPa}$), durée de vie $400-600 \text{ heures} \pm 20 \text{ heures}$, efficacité de broyage $100-200 \text{ m}^3/\text{h}$, couramment utilisé dans la production de combustible de biomasse.

Dents de broyage améliorées

Caractéristiques : Convient au bois dur ou au bois contenant des impuretés métalliques (dureté $15-30 \text{ MPa}$), durée de vie $300-500 \text{ heures} \pm 20 \text{ heures}$, efficacité de broyage $80-150 \text{ m}^3/\text{h}$, largement utilisé dans le recyclage des déchets de bois.

Dents de coupe antiadhésives

Caractéristiques : Convient au bois à forte humidité, taux d'adhérence $< 1\% \pm 0,5\%$, durée de vie $450-600 \text{ heures} \pm 20 \text{ heures}$, convient aux environnements humides.

Dents de concassage spéciales

Comprend des dents de concassage résistantes aux hautes températures ($> 300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) et des dents de concassage ultra résistantes à l'usure (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimisées pour les conditions extrêmes telles que le traitement du bois huileux.

5. Application des dents de concassage du broyeur à bois en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Transformation du bois

Utilisé pour le broyage de bûches et de déchets de bois, avec une durée de vie de 400 à 500 heures, conformément aux normes ISO 17225, et utilisé dans la production de produits en bois.

Production d'énergie à partir de la biomasse

Appliqué à la préparation de copeaux de bois et de combustible biomasse, rendement 100-200 m³/h, conformément à la norme EN 14961, prenant en charge les énergies renouvelables.

Recyclage des déchets

Utilisé pour le recyclage des déchets de bois et du bois de construction, avec une résistance à l'abrasion $> 95\% \pm 2\%$, conformément à la norme DIN 51731, favorisant l'économie circulaire.

Gestion forestière

Il est utilisé pour l'élagage des arbres et le traitement des branches résiduelles, convient au bois de haute dureté et favorise la restauration écologique.

Fabrication de meubles

Utilisé pour le prétraitement du bois et la collecte des copeaux, avec une précision de $< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, pour optimiser les processus de production.

Recherche et développement

Appliqué aux expériences de mécanique du bois et à la recherche sur la biomasse, avec une précision de $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

6. Technologie des dents de broyage du bois en carbure

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliore la résistance à l'usure (HV 2200-2600 $\pm$ 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98\% \pm 1\%$), prolongeant la durée de vie de $25\% \pm 3\%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure en temps réel (profondeur $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et optimisent les cycles de remplacement avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30-50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des formes de dents complexes avec une résistance de $1300 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ et une réduction des déchets de matière de $10\% \pm 2\%$.

Conception adaptative

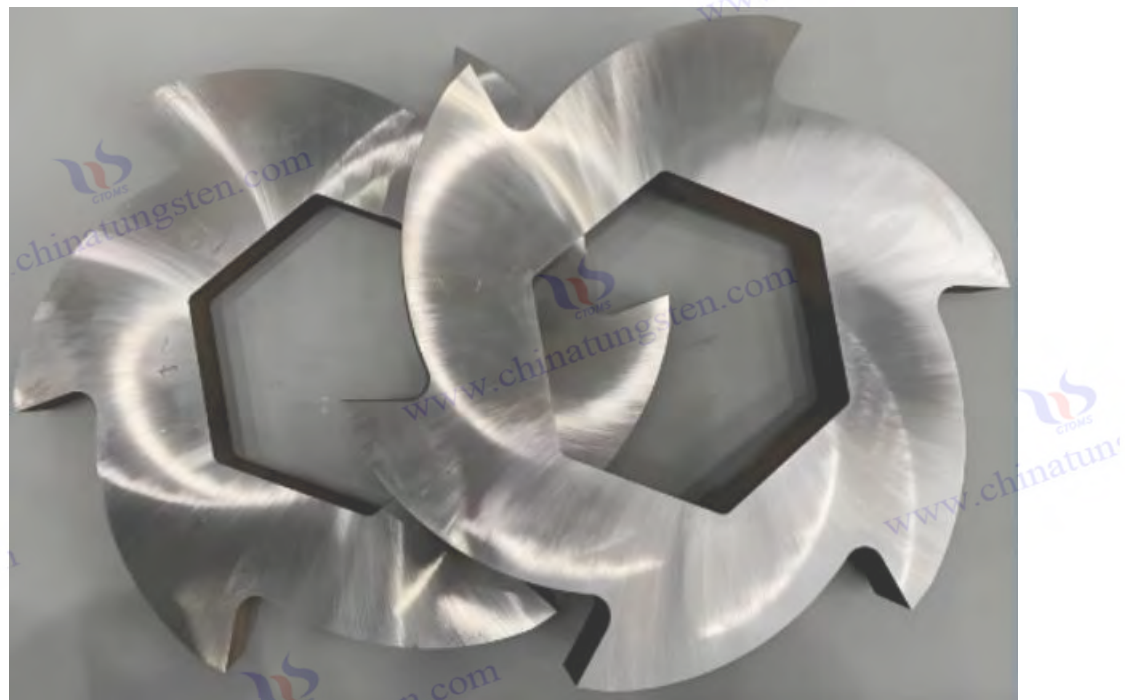
Ajustez dynamiquement les angles de coupe (tels que l'angle d'entrée et l'angle de coupe arrière) pour améliorer l'efficacité de $10\% \pm 2\%$, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

7. Dents de broyage du bois en carbure standard

Conforme aux normes internationales telles que ISO 17225, EN 14961 et DIN 51731. Un remplacement est nécessaire lorsque l'usure dépasse la limite ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$). Le taux d'accident est inférieur à $0,1\% \pm 0,02\%$. Les opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque, lunettes de sécurité, bottes antidérapantes). Les environnements à forte humidité nécessitent une conception antidérapante et un entretien régulier.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les dents de broyeur à bois en carbure sont des outils essentiels de l'industrie de transformation du bois, grâce à leurs performances élevées et à leur conception innovante, favorisant une utilisation efficace des ressources et une production durable. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application s'élargiront encore. Associées à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, elles devraient atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.



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



Que sont les dents de scie d'abattage forestière en carbure ?

Les dents de scie forestières en carbure sont un outil de coupe hautement performant conçu pour les équipements d'abattage forestier, utilisés pour la coupe d'arbres, de troncs et de bois. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à un revêtement résistant à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, une résistance à l'usure et aux chocs, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées dans des conditions de forte intensité, d'humidité élevée et d'environnements complexes. Composantes essentielles des abatteuses ou des tronçonneuses, les dents de scie influencent directement la vitesse de coupe, la qualité du bois et la durée de vie des équipements. Elles sont largement utilisées pour l'abattage, la transformation du bois et la gestion du reboisement. S'appuyant sur les avancées technologiques du secteur et les informations connexes, ce qui suit présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents de scie.

1. Structure et matériaux des dents de scie forestière en carbure cimenté

Les dents de scie sont généralement conçues avec des triangles ou des trapèzes pointus et sont installées sur un substrat en acier allié haute résistance (tel que 40Cr, dureté de trempe HRC 40-50). Le corps de la dent utilise du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, $\text{VC} < 1 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la résistance à l'usure et les performances anti-adhérence. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que la densité du matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ et que la porosité est

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$<0,1\% \pm 0,05\%$. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5-2 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8-1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). La plage de dureté est HV 1800-2200 ± 30 , et peut atteindre 2400-2600 ± 50 localement. Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur $0,5-1,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) est appliqué sur la pointe de la dent, le coefficient de frottement est réduit à $< 0,25 \pm 0,05$, et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 2\% \pm 0,5\%$) améliore l'efficacité de coupe, et les performances anti-fatigue sont encore améliorées par une modification de surface (comme le renforcement au laser). Les méthodes de fixation comprennent l'enrobage mécanique ou le soudage (résistance de soudage $> 500 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$), qui peuvent s'adapter à un travail à couple élevé ($50-300 \text{ kN}\cdot\text{m} \pm 10 \text{ kN}\cdot\text{m}$).

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des dents de scie forestières en carbure cimenté

Les dents de scie fonctionnent grâce à la rotation de la chaîne ou du disque de l'abatteuse (vitesse 1000-3000 tr/min ± 100 tr/min, puissance 20-150 kW ± 5 kW), coupant le long de la surface du tronc. La pointe de la dent décompose la fibre du bois par extrusion (pression de contact 30-100 MPa ± 5 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 15-40 MPa ± 2 MPa), ce qui convient aux arbres d'une dureté de 5 à 25 MPa et présentant des couches d'impuretés. La conception intègre une mécanique de coupe optimisée et une conduction thermique optimisée, avec un angle d'attaque de $20^\circ-35^\circ \pm 5^\circ$, un angle de recul de $5^\circ-10^\circ \pm 2^\circ$, et des vibrations réduites (accélération $< 6 \text{ m/s}^2 \pm 0,5 \text{ m/s}^2$). La pointe de la dent est soumise à des charges d'usure et d'adhérence élevées (température de surface 50-200 $^\circ\text{C} \pm 10$ $^\circ\text{C}$), et la matrice assure un support structurel (résistance à la traction $> 1\,000 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^4$ fois). La dernière technologie introduit un mécanisme d'oscillation adaptatif pour améliorer l'efficacité de coupe des essences complexes et des formations impures de $5\% \pm 1\%$.

3. Performances et facteurs d'influence des dents de scie forestières en carbure cimenté

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, la valeur maximale peut atteindre 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$).

Conception géométrique : dents triangulaires pour bois durs ou troncs de gros diamètre, dents trapézoïdales pour bois tendres ou branches fines, efficacité de coupe optimisée (consommation énergétique $< 3 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,1 \text{ kWh/m}^3$). Conception de la rainure d'évacuation des copeaux (largeur 3-8 mm $\pm 0,5$ mm) optimisant l'évacuation des copeaux.

Paramètres de fonctionnement : vitesse, puissance et pression d'alimentation influent directement sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés (vitesse $> 3\,000$ tr/min ou puissance > 150 kW) peuvent réduire la durée de vie de $15\% \pm 2\%$ et doivent être ajustés dynamiquement.

Facteurs environnementaux : une teneur en eau $> 20\% \pm 2\%$, une teneur en impuretés $> 5\% \pm 1\%$ ou une température > 200 $^\circ\text{C} \pm 10$ $^\circ\text{C}$ augmentent l'usure de $5\% \pm 1\%$. La résine doit être nettoyée régulièrement et le revêtement optimisé.

4. Types de dents de scie forestière en carbure

Dents de scie standard

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Caractéristiques : Convient aux troncs tendres et moyens (dureté 5-15 MPa), durée de vie 500-700 heures $\pm$ 20 heures, efficacité de coupe 50-100 m³/h, couramment utilisé dans l'exploitation forestière.

Crénelage amélioré

Caractéristiques : Convient aux bois durs ou aux troncs contenant des impuretés (dureté 15-25 MPa), durée de vie 400-600 heures $\pm$ 20 heures, efficacité de coupe 40-80 m³/h, largement utilisé dans la foresterie commerciale.

Dents de scie antiadhésives

Caractéristiques : Convient aux arbres à forte humidité ou teneur en résine, taux d'adhérence $< 1\% \pm 0,5\%$, durée de vie 550-700 heures $\pm$ 20 heures, adapté à l'environnement forestier humide.

Dents de scie spéciales

Comprend des dents résistantes aux hautes températures ($> 200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) et des dents ultra résistantes à l'usure (taux d'usure $< 0,03\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimisées pour les conditions extrêmes, telles que le traitement des espèces pétrolifères.

5. Application des dents de scie forestières en carbure cémenté

Exploitation forestière

Utilisé pour la coupe d'arbres et de troncs, durée de vie de 500 à 600 heures, conformément à la norme ISO 11837, appliqué au développement des ressources forestières.

Transformation du bois

Appliqué à la transformation primaire des grumes et à la coupe du bois, avec une efficacité de 50 à 100 m³/h, conformément à la norme EN 13556, soutenant la production de produits en bois.

Gestion du reboisement

Utilisé pour l'élagage des arbres et le débroussaillage, avec une résistance à l'abrasion $> 95\% \pm 2\%$, conformément à la norme DIN 18915, favorisant la restauration écologique.

Production d'énergie à partir de la biomasse

Il est utilisé pour le prétraitement du bois et la préparation du combustible de biomasse, adapté au bois de haute dureté et conforme à la norme EN 14961.

Construction d'infrastructures

Utilisé pour le déblaiement des routes forestières et la préparation du transport du bois, avec une résistance aux chocs de $> 40\text{ J} \pm 5\text{ J}$, soutenant l'avancement du projet.

Recherche et développement

Appliqué aux expériences de mécanique du bois et à la recherche forestière, avec une précision de $< 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$.

6. Technologie des dents de scie d'abattage forestières en carbure

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) améliore la résistance à l'usure (HV 2200-2600 $\pm$ 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98\% \pm 1\%$), prolongeant la durée de vie de $25\% \pm 3\%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure en temps réel (profondeur $> 0,5\text{ mm}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,05$ mm) et optimisent les cycles de remplacement avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

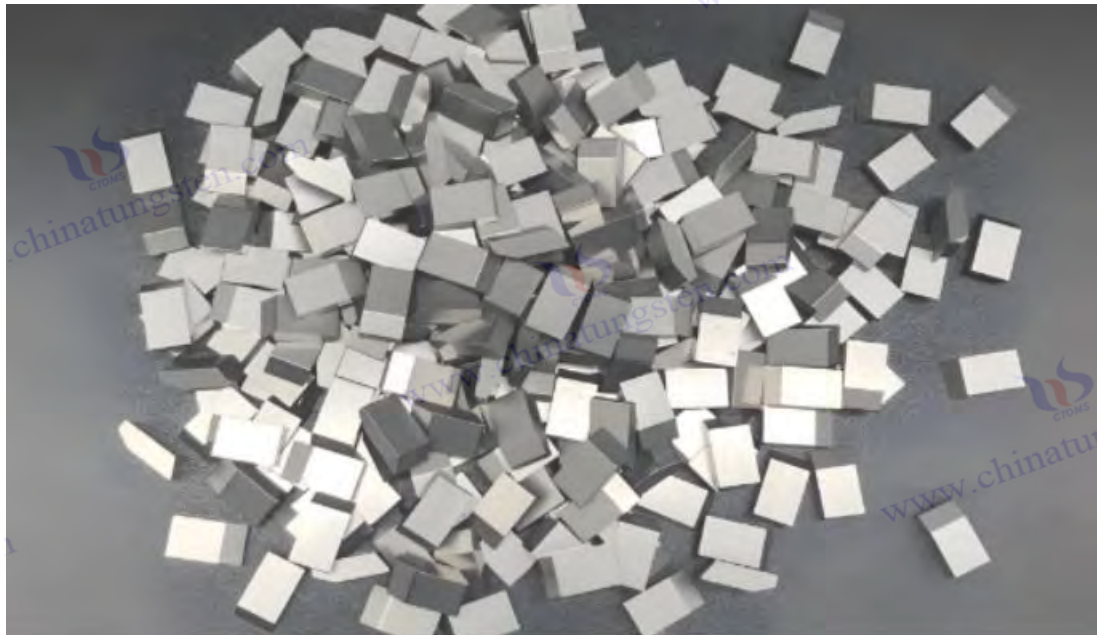
La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30-50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des formes de dents complexes avec une résistance de $1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ et une réduction des déchets de matière de $10\% \pm 2\%$.

Conception adaptative

Ajustez dynamiquement les angles de coupe (tels que l'angle d'entrée et l'angle d'inclinaison arrière) pour améliorer l'efficacité de $10\% \pm 2\%$, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

7. Normes relatives aux dents de scie d'abattage en carbure

Conforme aux normes internationales telles que ISO 11837, EN 13556 et DIN 18915, elle doit être remplacée lorsque l'usure dépasse la limite ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) et que le taux d'accident est inférieur à $0,1\% \pm 0,02\%$. Le port d'équipements de protection (casques, lunettes de sécurité et bottes antidérapantes) est obligatoire. Les environnements à forte humidité exigent une conception antidérapante et un entretien régulier. Grâce à leurs performances élevées et à leur conception innovante, les dents de scie forestières en carbure sont des outils essentiels de l'industrie forestière, favorisant l'amélioration de l'efficacité d'abattage et le développement durable de la foresterie. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, ses perspectives de production et d'application seront encore élargies. Associées à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, elles devraient atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.



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

Qu'est-ce qu'un soc de charrue en carbure pour la remise en état des terres ?

Le soc de labour en carbure est un outil de coupe hautement performant conçu pour les machines agricoles, utilisé pour le labourage, l'ameublissement et la remise en état des sols durs. Son principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à un revêtement résistant à l'usure. Il offre une excellente dureté, résistance à l'usure et aux chocs, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées dans les environnements à forte intensité, à forte humidité et impuretés. Composant essentiel d'un tracteur ou d'une machine de labourage, le soc influence directement la profondeur du labour, la qualité du sol et la durée de vie des équipements. Il est largement utilisé dans le labourage, le développement agricole et l'amélioration des sols. S'appuyant sur les avancées technologiques du secteur et les informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications du soc.

1. Structure et matériaux du soc de charrue en carbure cimenté pour la remise en état des terres

La tête du soc est généralement conçue en forme de coin ou d'arc pointu et est installée sur un substrat en acier allié haute résistance (tel que 40CrMo, dureté de trempe HRC 40-52). Le corps de la dent utilise du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % $\pm$ 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % $\pm$ 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % $\pm$ 0,1 %, TaC 1 %-3 % $\pm$ 0,2 %) pour optimiser la résistance à l'usure et à la corrosion. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C $\pm$ 10°C, pression 45-55 MPa $\pm$ 1 MPa, temps de maintien 5-10 min $\pm$ 1 min) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C $\pm$ 10°C, pression 150-200 MPa $\pm$ 5 MPa, temps de maintien 30-60 min $\pm$ 5 min), garantissant que la densité du matériau atteint 99,9% $\pm$ 0,1% et que la porosité est <0,1% $\pm$ 0,05%. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 μ m (de préférence 0,8-1,2 μ m $\pm$ 0,01 μ m), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), avec une plage de dureté de HV 1800-2200 $\pm$ 30, et localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50. Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur 0,5-1,5 μ m $\pm$ 0,1 μ m) est appliqué à la pointe de la tête du soc, le coefficient de frottement est réduit à <0,25 $\pm$ 0,05, la résistance à la corrosion est améliorée de 15% $\pm$ 2%, et la résistance à la fatigue est encore améliorée par modification de surface (comme le renforcement au laser). Les méthodes de fixation comprennent le soudage par induction haute fréquence (résistance de soudage > 700 MPa $\pm$ 20 MPa) ou le serrage mécanique (force de serrage > 10 kN $\pm$ 0,5 kN), qui peuvent s'adapter à un travail à couple élevé (200-600 kN·m $\pm$ 20 kN·m).

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques du soc de charrue en carbure cimenté pour la remise en état des terres

Le soc fonctionne grâce à l'entraînement mécanique d'un tracteur ou d'un cultivateur (vitesse de travail 1-3 m/s, puissance 50-200 kW), entaillant et labourant la surface du sol. La pointe du soc brise les sols durs, les fragments de roche ou les racines par compression (pression de contact 100-300 MPa $\pm$ 10 MPa) et cisaillement (résistance au cisaillement 20-60 MPa $\pm$ 5 MPa), et convient

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

aux formations présentant une résistance à la compression de 5 à 40 MPa. Sa conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle d'attaque de $25^{\circ}-40^{\circ} \pm 5^{\circ}$, un angle de coupe arrière de $5^{\circ}-15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ et des vibrations réduites (accélération $< 10 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$). La tête de soc est soumise à des charges abrasives et thermiques élevées (température de surface $50-250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), et la matrice assure un support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^4$ fois). La technologie la plus récente introduit un mécanisme d'oscillation adaptatif pour améliorer l'efficacité de la culture dans les formations complexes de $5\% \pm 1\%$.

3. Performances et facteurs d'influence des socs de charrue en carbure cémenté pour la remise en état des terres

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité ($K_{IC} 12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, la valeur maximale peut atteindre $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$).

Conception géométrique : Le soc cunéiforme est adapté aux sols durs ou rocailleux, tandis que le soc courbé est adapté aux sols meubles ou collants, optimisant ainsi l'efficacité du travail du sol (consommation énergétique $< 8 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,3 \text{ kWh/m}^3$). La conception des rainures d'évacuation du sol (largeur $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimise l'évacuation du sol.

Paramètres de travail : la vitesse de travail, la puissance et la profondeur de travail influent directement sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés (comme une vitesse $> 3 \text{ m/s}$ ou une puissance $> 200 \text{ kW}$) peuvent réduire la durée de vie de $15\% \pm 2\%$ et doivent être ajustés dynamiquement.

Facteurs environnementaux : Une teneur en eau $> 15\% \pm 2\%$, une teneur en grains $> 5\% \pm 1\%$ ou une température $> 250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ augmenteront l'usure de $5\% \pm 1\%$ et nécessiteront un revêtement anticorrosion et une lubrification améliorés.

4. Types de socs de charrue en carbure pour la remise en état des terres

Soc de charrue standard

Caractéristiques : Convient aux sols meubles et aux couches de dureté moyenne (résistance à la compression $5-20 \text{ MPa}$), durée de vie $400-600$ heures ± 20 heures, efficacité de travail du sol $50-150 \text{ m}^3/\text{h}$, couramment utilisé dans le développement agricole.

Tête de soc améliorée

Caractéristiques : Convient aux sols durs ou aux couches rocheuses (résistance à la compression $20-40 \text{ MPa}$), durée de vie $300-500$ heures ± 20 heures, efficacité de travail du sol $40-100 \text{ m}^3/\text{h}$, largement utilisé dans la remise en état des terres.

Soc de charrue résistant à la corrosion

Caractéristiques : Convient aux sols à forte humidité ou salins-alcalins, résistance au $\text{Cl}^- > 3000$ heures ± 200 heures, durée de vie $450-600$ heures ± 20 heures, convient à l'agriculture côtière.

Soc de charrue spécial

Il s'agit notamment de socs résistants aux hautes températures ($> 250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) et de socs ultra résistants à l'usure (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimisés pour les conditions extrêmes telles que le traitement des sols rocheux.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Application du soc de charrue en carbure cémenté pour la remise en état des terres

Récupération des terres

Utilisé pour le labourage des terres incultes et des terres non cultivées, avec une durée de vie de 400 à 500 heures, conformément aux normes ISO 9134, et appliqué à l'expansion agricole.

Développement agricole

Appliqué à l'amélioration des sols et à la préparation des plantations, avec une efficacité de 50 à 150 m³/h, conformément à la norme EN 13536, soutenant la production alimentaire.

Amélioration des sols

Utilisé pour le traitement des sols durcis et des terres salines-alcalines, avec une résistance à l'abrasion > 95% ± 2%, conformément à la norme DIN 18907, favorisant la remise en état des terres.

Construction de forêts et de pâturages

Il est utilisé pour le défrichage des forêts et la remise en état des pâturages, s'adapte aux couches de dureté élevée et soutient l'agriculture écologique.

Construction d'infrastructures

Utilisé pour l'excavation de canaux d'irrigation de terres agricoles et le nivellement des terres, avec une résistance aux chocs > 50 J ± 5 J, répondant aux besoins d'ingénierie.

Recherche et développement

Appliqué aux expériences de mécanique des sols et à la recherche en technologie agricole, avec une précision de <0,01 mm ± 0,005 mm.

6. Technologie du soc de charrue en carbure cémenté pour la remise en état des terres

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain < 0,5 μm ± 0,01 μm) améliore la résistance à l'usure (HV 2200-2600 ± 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation (> 98 % ± 1 %), prolongeant la durée de vie de 25 % ± 3 %.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision ± 0,05%) surveillent l'usure en temps réel (profondeur > 0,5 mm ± 0,05 mm) et optimisent les cycles de remplacement avec une erreur de < 5% ± 1%.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche 30-50 μm ± 5 μm) est utilisée pour fabriquer des formes de têtes de socs complexes avec une résistance de 1400 MPa ± 50 MPa, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de 10 % ± 2 %.

Conception adaptative

Ajustez dynamiquement les angles de coupe (tels que l'angle d'entrée et l'angle de coupe arrière) pour améliorer l'efficacité de 10 % ± 2 %, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

7. Sécurité et normes des socs de charrue en carbure pour la remise en état des terres

Conforme aux normes internationales telles que ISO 9134, EN 13536 et DIN 18907. Un remplacement est nécessaire lorsque l'usure dépasse la limite (> 6 mm ± 0,5 mm). Le taux d'accident est inférieur à 0,1 % ± 0,02 %. Les opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque, lunettes de sécurité, bottes antidérapantes). Les environnements à forte humidité nécessitent une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

conception antidérapante et un entretien régulier.

Grâce à leurs performances élevées et à leur conception innovante, les socs de labour en carbure sont des outils essentiels du secteur des machines agricoles, contribuant à l'amélioration de l'efficacité de l'aménagement du territoire et au développement agricole durable. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application sont appelées à se développer. Associés à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, ils devraient atteindre une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.



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

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
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

Que sont les dents de coupe du concasseur à ballast en carbure ?

Les dents de coupe en carbure pour concasseurs de ballast sont des outils de coupe à haut rendement spécialement conçus pour les concasseurs de ballast ferroviaires, utilisés pour concasser le ballast ferroviaire (gravier et galets) afin d'entretenir les fondations des voies. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à un revêtement résistant à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure et aux chocs, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées dans des environnements soumis à des contraintes élevées, une forte abrasion et des charges dynamiques. Composants importants des concasseurs de ballast, les dents de coupe influencent directement l'efficacité du concassage, l'uniformité des particules et la durée de vie de l'équipement. Elles sont largement utilisées pour la maintenance ferroviaire, le renouvellement du ballast et la réparation des voies. Suivant les progrès technologiques du secteur et les informations connexes, le contenu suivant présente les caractéristiques, les détails techniques et les applications des dents de coupe.

1. Structure et matériau des dents de coupe du concasseur à ballast en carbure cimenté

Les dents de coupe sont généralement coniques ou plates et montées sur un substrat en acier allié haute résistance (tel que 42CrMo, dureté de trempe HRC 40-52). Le corps de la dent utilise du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la résistance à l'usure et aux températures élevées. Le processus de fabrication comprend la technologie de la métallurgie des poudres, telle que le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que la densité du matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). La plage de dureté est HV 1800-2200 ± 30 , et peut atteindre localement 2400-2600 ± 50 . Un revêtement TiN ou TiAlN (épaisseur $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) est appliqué sur la pointe de la dent, le coefficient de frottement est réduit à $< 0,25 \pm 0,05$, la résistance à l'usure est améliorée de $20\% \pm 3\%$, et la résistance à la fatigue est encore améliorée par une modification de surface (comme le renforcement au laser). Les méthodes de fixation comprennent le soudage par induction haute fréquence (résistance de soudage $> 800 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) ou l'enrobage mécanique (force d'enrobage $> 12 \text{ kN} \pm 0,5 \text{ kN}$), qui peut s'adapter à des forces d'impact élevées (50-300 kN $\pm 10 \text{ kN}$).

2. Principe de fonctionnement et caractéristiques des dents de coupe du concasseur à ballast en carbure

Les dents de coupe fonctionnent par rotation ou impact du concasseur de ballast (vitesse 100-400 tr/min $\pm 20 \text{ tr/min}$, puissance 100-500 kW $\pm 10 \text{ kW}$), coupant et écrasant le ballast à sa surface. La

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pointe de la dent décompose le ballast très dur par extrusion (pression de contact 200-500 MPa $\pm$ 10 MPa) et par fendage (force de fendage 100-200 kN $\pm$ 10 kN), et convient aux formations présentant une résistance à la compression de 50 à 150 MPa. La conception intègre la mécanique des impacts et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle d'attaque de 25°-45° $\pm$ 5°, un angle de recul de 5°-15° $\pm$ 2°, et des vibrations réduites (accélération $< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$). Les pointes des dents sont soumises à des charges abrasives et thermiques élevées (température de surface 300-600 °C $\pm$ 10 °C), et la matrice assure un support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^6$ fois $\pm 10^4$ fois). La dernière technologie introduit un mécanisme d'oscillation adaptatif pour améliorer l'efficacité de concassage des formations de ballast complexes de 5 % $\pm$ 1 %.

3. Performances et facteurs d'influence des dents de coupe des concasseurs à ballast en carbure

Propriétés du matériau : WC offre une dureté élevée, Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, la valeur maximale peut atteindre 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, résistance à haute température ($> 800 \text{ °C}$ résistance à l'oxydation $> 95 \% \pm 1 \%$).

Conception géométrique : les dents coniques conviennent aux ballasts de haute dureté, les dents plates aux ballasts de dureté moyenne ou contenant des impuretés, optimisant ainsi l'efficacité de concassage (consommation énergétique $< 15 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,5 \text{ kWh/m}^3$). La conception de la rainure de décharge du ballast (largeur 5-10 mm $\pm 0,5 \text{ mm}$) optimise la décharge du ballast.

Paramètres de fonctionnement : vitesse, force d'impact et vitesse d'avance influencent directement la durée de vie. Des paramètres trop élevés (vitesse $> 400 \text{ tr/min}$ ou puissance $> 500 \text{ kW}$) peuvent réduire la durée de vie de 15 % $\pm 2 \%$ et doivent être ajustés dynamiquement.

Facteurs environnementaux : Une teneur en eau $> 10 \% \pm 2 \%$, une teneur en sable $> 5 \% \pm 1 \%$ ou une température $> 600 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ augmenteront l'usure de 5 % $\pm 1 \%$ et nécessiteront un traitement thermique et un refroidissement améliorés.

4. Types de dents de coupe pour concasseur à ballast en carbure

Dents de coupe standard

Caractéristiques : Convient au ballast de dureté moyenne (résistance à la compression 50-80 MPa), durée de vie 250-400 heures ± 20 heures, efficacité d'écrasement 50-100 m³/h, couramment utilisé dans la maintenance ferroviaire conventionnelle.

Dents de coupe améliorées

Caractéristiques : Convient au ballast à haute dureté (résistance à la compression 80-150 MPa), durée de vie 200-350 heures ± 20 heures, efficacité d'écrasement 40-80 m³/h, largement utilisé dans la réparation des chemins de fer à grande vitesse.

Dents de coupe résistantes à l'abrasion

Caractéristiques : Convient aux formations sableuses ou abrasives, résistance à l'usure $> 95 \% \pm 2 \%$, durée de vie 300-450 heures ± 20 heures, convient aux environnements difficiles.

Dents de coupe spéciales

Comprend des dents de coupe résistantes aux hautes températures ($> 600 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) et des dents

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de coupe super résistantes à l'usure (taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimisées pour les conditions extrêmes telles que le traitement du ballast à haute température.

5. Application des dents de coupe du broyeur à ballast en carbure

Renouvellement du ballast ferroviaire

Utilisé pour le concassage et le remplacement du ballast vieilli, avec une durée de vie de 250 à 350 heures, il est conforme aux normes ISO 10893 et assure la stabilité de la voie.

Entretien des fondations des voies

Appliqué pour le réglage du ballast et le renforcement des fondations, avec une efficacité de 50 à 100 m^3/h , conformément à la norme EN 13232, soutenant la sécurité ferroviaire.

Construction ferroviaire

Utilisé pour la pose de ballast et la préparation des fondations de nouvelles lignes, avec une résistance à l'abrasion $> 95 \% \pm 2 \%$, conformément à la norme DIN 5570, accélérant l'avancement du projet.

Maintenance ferroviaire pour transport lourd

Il convient aux ballasts à haute dureté et aux impacts fréquents, avec une résistance aux chocs de $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, et prend en charge les besoins de transport de charges lourdes.

Gouvernance environnementale

Appliqué au nettoyage de la pollution du ballast, avec un taux de récupération de $> 90\% \pm 2\%$, soutenant la gestion écologique ferroviaire.

Recherche et développement

Appliqué aux expériences de mécanique du ballast et à la recherche en technologie ferroviaire, avec une précision de $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

6. Technologie des dents de coupe pour concasseur à ballast en carbure cémenté

Nouveaux matériaux

L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliore la résistance à l'usure (HV 2200-2600 ± 50), et le revêtement ZrC améliore la résistance à l'oxydation ($> 98 \% \pm 1 \%$), prolongeant la durée de vie de $25 \% \pm 3 \%$.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés (précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure en temps réel (profondeur $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et optimisent les cycles de remplacement avec une erreur de $< 5\% \pm 1\%$.

Impression 3D

La fusion sélective par laser (SLM, épaisseur de couche $30-50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) est utilisée pour fabriquer des formes de dents complexes avec une résistance de $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ et une réduction des déchets de matière de $10 \% \pm 2 \%$.

Conception adaptative

Ajustez dynamiquement les angles de coupe (tels que l'angle d'entrée et l'angle de coupe arrière) pour améliorer l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, combiné à l'optimisation de l'algorithme d'IA.

7. Normes relatives aux dents de coupe des concasseurs à ballast en carbure cémenté

Conforme aux normes internationales telles que ISO 10893, EN 13232, DIN 5570, etc. Une usure supérieure à $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ nécessite un remplacement. Taux d'accidents $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$. Les

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

opérateurs doivent porter un équipement de protection (casque, lunettes de sécurité, bottes antidérapantes). Les environnements à haute température nécessitent une conception de refroidissement et une protection thermique.

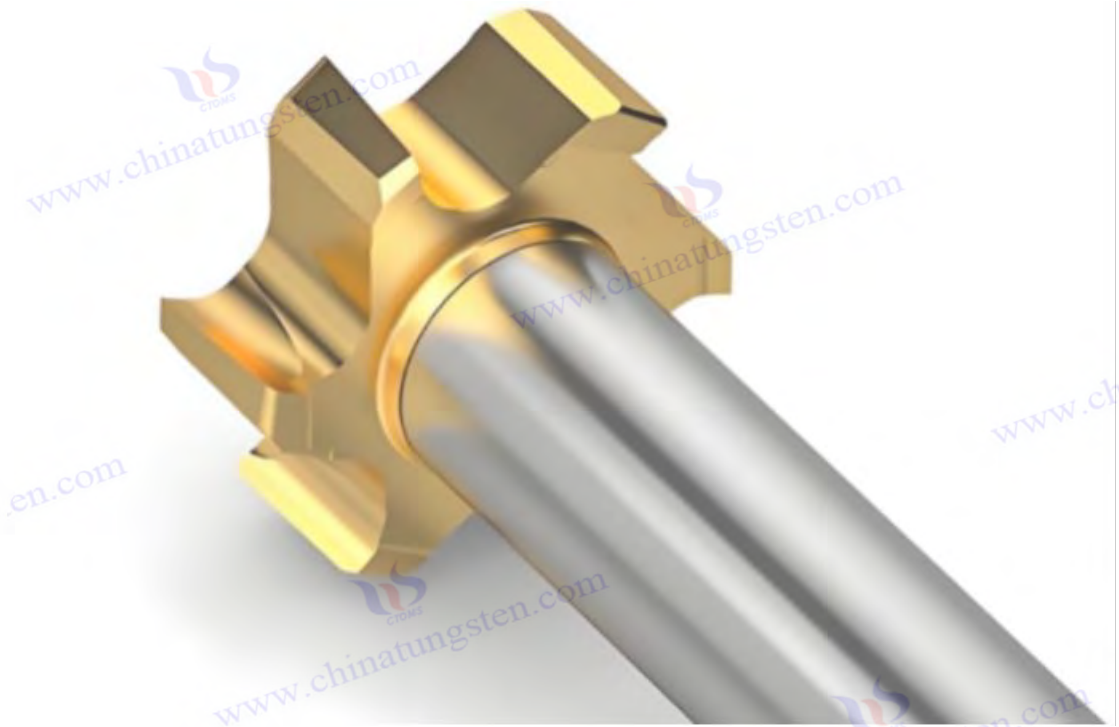
Grâce à leurs performances élevées et à leur conception innovante, les dents de coupe en carbure pour concasseurs de ballast sont des outils essentiels pour la maintenance ferroviaire, favorisant la sécurité et l'efficacité des voies. À l'ère de l'IA et de l'Internet industriel, leurs perspectives de production et d'application sont appelées à se développer. Associées à la fabrication intelligente et à l'analyse des données en temps réel, elles devraient offrir une précision et une adaptabilité accrues à l'avenir.



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



Qu'est-ce qu'une fraise en carbure de type T ?

Présentation de la fraise intelligente en carbure de tungstène de type T de Chinatungsten

Produit phare de CTIA GROUP LTD (CTIA), la fraise en carbure de type T se distingue dans le domaine de l'usinage des métaux par ses excellentes performances et sa conception innovante. S'appuyant sur une technologie de fabrication avancée et une riche expérience industrielle, CTIA GROUP LTD s'engage à fournir à ses clients des outils de coupe de haute précision et d'une grande durabilité. Fabriquée en carbure (acier au tungstène, système WC-Co) et conçue pour l'usinage de rainures en T, de trous de boulons en T ou de pièces de structures similaires, la fraise en carbure de type T offre de nombreux avantages. Sa dureté élevée, sa résistance à l'usure et aux chocs garantissent une coupe précise à grande vitesse et sous forte charge. Produit phare de CTIA GROUP LTD, la fraise en carbure de type T est largement utilisée dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules et l'industrie aérosapiale, particulièrement adaptée à l'usinage de l'acier, de la fonte et des alliages à haute résistance. Compte tenu des avancées technologiques du secteur et des informations connexes en 2025, les informations suivantes présentent en détail les caractéristiques, les détails techniques et les applications de la fraise en carbure de type T.

1. Structure et matériaux de la fraise en carbure de type T

Les fraises de type T présentent généralement une section transversale unique en T, avec une lame multidentée, et sont installées sur la broche de la machine-outil. Le corps principal est en acier allié haute résistance (tel que HSS ou 40CrMo, dureté de trempe HRC 40-50). La partie coupante utilise du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complétés par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 %, TaC 1 %-3 %) pour optimiser les performances. Le procédé de fabrication fait appel à la métallurgie des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

poudres (SPS ou HIP) pour garantir une densité du matériau de $99,9\% \pm 0,1\%$, une granulométrie contrôlée entre $0,5$ et $2\ \mu\text{m}$ (de préférence entre $0,8$ et $1,2\ \mu\text{m}$) et une dureté HV comprise entre 1800 et 2200 ± 30 , pouvant atteindre localement 2400 et 2600 ± 50 . La lame peut être revêtue de TiAlN ou d'AlCrN (épaisseur de $0,5$ à $2\ \mu\text{m}$), son coefficient de frottement est réduit à $< 0,25 \pm 0,05$ et sa résistance thermique est augmentée à $> 800\ ^\circ\text{C}$. Le diamètre du corps de l'outil varie de 5 à $50\ \text{mm}$, et sa longueur est personnalisée en fonction de la profondeur de la rainure de la pièce.

2. Principe de fonctionnement de la fraise en carbure de type T

La fraise en T fonctionne grâce à la rotation de la broche de la machine-outil (vitesse de 500 à $3\ 000\ \text{tr/min}$, puissance de 5 à $50\ \text{kW}$). L'arête de coupe coupe latéralement et axialement la surface de la pièce pour produire une rainure en T. Le procédé de coupe combine extrusion et cisaillement, avec une pression d'extrusion de 200 à $500\ \text{MPa}$ et une résistance au cisaillement de 50 à $100\ \text{MPa}$, ce qui est adapté aux matériaux d'une dureté de 20 à $60\ \text{HRC}$. La conception en T de l'outil permet de réaliser la découpe du fond et des parois latérales de la rainure en une seule opération, ce qui est particulièrement adapté aux pièces nécessitant des structures en T de haute précision. Pendant la rotation, l'arête de coupe entre en contact avec la pièce et génère une chaleur élevée (température de surface de 300 à $600\ ^\circ\text{C}$). Parallèlement, l'optimisation de l'angle de coupe et l'apport de liquide de refroidissement permettent un enlèvement de matière efficace.

3. Caractéristiques de la fraise en carbure de type T

La conception de la fraise de type T optimise l'angle de coupe, avec un angle de coupe principal de 10° - $20^\circ \pm 5^\circ$ et un angle de coupe secondaire de 5° - $10^\circ \pm 2^\circ$. Cela réduit efficacement les vibrations pendant l'usinage (accélération $< 5\ \text{m/s}^2$) et améliore l'état de surface de la pièce ($R_a < 1,6\ \mu\text{m}$). La haute résistance thermique de la pointe de l'outil et le support structurel de la matrice (résistance à la traction $> 1200\ \text{MPa}$) assurent la stabilité sous fortes charges, tandis que la résistance à la fatigue (durée de vie $> 10^5$ fois) lui permet de supporter un usinage continu de longue durée. Grâce à l'effet synergique de la matrice en acier allié haute résistance et de la pièce de coupe en carbure, la fraise de type T conserve d'excellentes performances de coupe dans des conditions de travail complexes.

4. Performances et facteurs d'influence de la fraise en carbure de type T

Produit phare de CTIA GROUP LTD, les fraises en carbure cémenté de type T se distinguent par leur dureté élevée, leur résistance à l'usure et aux chocs, principalement dues à leur composition et à leur technologie de traitement. Le carbure de tungstène (WC), en phase dure, offre une dureté extrêmement élevée (HV 1800 - 2200 ± 30), tandis que le cobalt (Co), en phase liante, améliore la ténacité du matériau (ténacité à la rupture K_{Ic} 12 - $16\ \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$), permettant à l'outil de rester stable sous forte charge. Le taux d'usure est inférieur à $0,05\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ et la résistance à la corrosion est également excellente (taux de corrosion $< 0,01\ \text{mm/an}$), grâce à l'effet synergique d'additifs tels que Cr_3C_2 et TaC_2 , qui améliorent également la résistance à l'oxydation de l'outil dans des environnements à haute température ($> 800\ ^\circ\text{C}$) ($> 95\%$). La technologie de revêtement telle que TiAlN ou AlCrN réduit encore le coefficient de frottement à $< 0,25 \pm 0,05$, améliorant considérablement la résistance à la chaleur et la durée de vie.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La performance des fraises en carbure cimenté de type T est influencée par de nombreux facteurs. Tout d'abord, la conception géométrique est essentielle. La largeur et la profondeur de la lame en T doivent être adaptées à la pièce à usiner. Des angles de coupe raisonnables (angle de coupe principal 10° - $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$) et la forme de la lame influencent directement l'efficacité de coupe (consommation énergétique $< 8 \text{ kWh/m}^3$) et la qualité de surface ($R_a < 1,6 \mu\text{m}$). Ensuite, les paramètres de travail tels que la vitesse, l'avance et la profondeur de coupe ont un impact significatif sur la durée de vie. Des paramètres excessifs peuvent réduire la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$, car une surcharge accélère l'usure de la lame et les dommages thermiques. Les facteurs environnementaux ne doivent pas être négligés. Une température élevée ($> 600^{\circ}\text{C}$) ou un manque de liquide de refroidissement augmentent l'usure de $5 \% \pm 1 \%$. Lors de l'usinage de matériaux à haute dureté (comme l'acier 60 HRC), les stratégies de refroidissement et de lubrification doivent être optimisées pour réduire les contraintes thermiques. De plus, divers facteurs intervenant dans le processus de production des ébauches en carbure cimenté ont un impact considérable sur les performances. La granulométrie et la pureté de la poudre sont essentielles. Une granulométrie trop importante ou une teneur élevée en impuretés (telle qu'une teneur en oxygène supérieure à $0,2 \%$) entraîneront un grossissement des grains et réduiront la dureté et la résistance. L'uniformité du mélange est contrôlée par le procédé de broyage à billes (durée du broyage : 12 à 24 heures, rapport de mélange : 1:2) afin d'assurer une dispersion uniforme du WC et du Co, ce qui affecte la densité du matériau final ($> 99,9 \% \pm 0,1 \%$). La pression de pressage (100 à 200 MPa) détermine directement la densité initiale de l'ébauche. Une pression insuffisante peut entraîner une augmentation de la porosité et affecter l'effet de frittage ultérieur. Le procédé de frittage (par exemple, HIP ou SPS, température : 1 400 à 1 500 $^{\circ}\text{C}$, temps de maintien : 0,5 à 2 heures) est déterminant pour la granulométrie ($0,5$ à $2 \mu\text{m}$) et la structure de phase. Une température de frittage excessive ou un temps de maintien insuffisant peuvent entraîner une croissance des grains ou une transformation de phase, réduisant ainsi la ténacité. La vitesse de refroidissement (5 - 10°C/min) doit également être strictement contrôlée pour éviter les fissures dues aux contraintes thermiques. L'optimisation de ces facteurs de fabrication des ébauches garantit à la fraise en T de CTIA GROUP LTD des performances élevées et constantes dans les applications pratiques.

4.1 Tableau des facteurs d'influence

Facteurs d'influence	décrire
Conception géométrique	et la profondeur de la lame en forme de T sont personnalisées et l'angle de coupe est optimisé, ce qui affecte l'efficacité et la qualité de la surface.
Paramètres de travail	La vitesse, l'avance et la profondeur de coupe influent sur la durée de vie. Des paramètres trop élevés peuvent réduire la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$.
Facteurs environnementaux	Les matériaux à haute température ($> 600^{\circ}\text{C}$), à refroidissement insuffisant ou à dureté élevée augmentent l'usure de $5 \% \pm 1 \%$ et le refroidissement doit être optimisé.
Pureté granulométrique	Une taille de particules trop importante ou des impuretés (telles qu'une teneur en oxygène $> 0,2 \%$) entraînent un grossissement des grains, réduisant ainsi

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de la poudre	la dureté et la résistance.
Uniformité du mélange	Le processus de broyage à boulets (12 à 24 heures, rapport moyen 1:2) assure une dispersion uniforme du WC et du Co, ce qui affecte la densité.
Pression de suppression	Une pression de 100 à 200 MPa détermine la densité initiale. Une pression insuffisante augmente la porosité et affecte l'effet de frittage.
Procédé de frittage	HIP/SPS (1400-1500°C, 0,5-2 heures) contrôle la taille des grains (0,5-2 µm) et la structure de phase.
Taux de refroidissement	5-10°C/min pour éviter les fissures de contrainte thermique et assurer la stabilité du matériau.

Types de fraises en carbure de type T

5. Processus de production

CTIA GROUP LTD adopte des procédés de fabrication rigoureux et avancés pour ses fraises en carbure cémenté de type T afin de garantir la qualité et la régularité de ses produits. La production commence par la sélection de matières premières de haute pureté. CTIA GROUP LTD utilise généralement les nuances YG10, YG10X et YG12. Parmi elles, YG10 (WC 90 %, Co 10 %) offre une résistance élevée à l'usure, YG10X (WC 90 %, Co 10 % + traces d'additifs) améliore la ténacité, et YG12 (WC 88 %, Co 12 %) est adapté aux conditions de chocs importants. Les matières premières utilisées sont la poudre de tungstène, la poudre de carbure de tungstène (WC, pureté > 99,8 %) et la poudre de cobalt (Co, pureté > 99,5 %). La poudre est préparée selon un dosage précis. Le mélange est ensuite effectué par broyage humide à boulets, et des billes de carbure cémenté servent de supports de broyage. La durée du broyage à boulets est contrôlée entre 18 et 24 heures, et le rapport de mélange est de 1:2 afin de garantir une granulométrie uniforme ($D_{50} < 1 \mu m$) et un mélange homogène. La poudre mélangée est séchée par atomisation pour former une matière première granulaire dont la granulométrie est comprise entre 50 et 150 µm, assurant une bonne fluidité pour le pressage ultérieur.

Le procédé de pressage utilise la technologie de pressage isostatique à froid (NEP), avec une pression de 150 à 200 MPa et un temps de pressage de 5 à 10 minutes. La densité initiale atteint 60 à 65 % de la densité théorique. Après pressage, l'ébauche passe à l'étape de frittage par pressage isostatique à chaud (CIC), avec une température de frittage fixée à 1 450-1 500 °C et un temps de maintien de 1 à 2 heures. L'opération est réalisée sous vide ou sous atmosphère protectrice d'argon haute pureté (pureté 99,999 %) afin de garantir une densité du matériau de 99,9 % ± 0,1 % et une granulométrie contrôlée entre 0,8 et 1,2 µm. Après frittage, l'ébauche est refroidie lentement (5 à 8 °C/min) afin de réduire les contraintes thermiques, puis usinée avec précision sur des machines-outils à commande numérique. La géométrie de la lame est obtenue par rectification de haute précision (tolérance ± 0,01 mm) et sa rugosité de surface est $R_a < 0,4 \mu m$. Le revêtement est appliqué par dépôt physique en phase vapeur (PVD) avec une épaisseur de revêtement TiAlN ou AlCrN de 1 à 2 µm. La température du revêtement est contrôlée entre 450 et 500 °C et la force de liaison est supérieure à 70 MPa. Enfin, le produit est nettoyé par ultrasons (fréquence 40 kHz, durée

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5 minutes) et soumis à des tests de qualité, notamment de densité (14,3-14,9 g/cm³), de dureté (HV 1800-2200 ± 30), de résistance (résistance à la flexion > 2000 MPa) et à des contrôles non destructifs (tests par ultrasons pour détecter les défauts internes). Les tiges d'essai produites dans le même lot sont généralement utilisées comme produits d'essai. Les produits qualifiés sont emballés sous vide et conditionnés dans des matériaux résistants à l'humidité et aux chocs. L'inspection de l'apparence et de l'étiquette est effectuée avant la livraison pour garantir que les produits sont intacts pendant le transport.

5.1 Tableau du processus de production

Production	décrire	Paramètres techniques
Sélection des matières premières	Les ingrédients sont fabriqués selon les grades YG10, YG10X et YG12, et des poudres WC et Co de haute pureté sont sélectionnées.	YG10, YG10X, YG12, pureté WC > 99,8 %, pureté Co > 99,5 %
Mélange de poudre	Le procédé de broyage à boulets humides garantit une taille de particules uniforme.	Temps de broyage à billes 18-24h, rapport moyen 1:2, D50 <1 µm
Séchage par atomisation	Former des matières premières granulaires et améliorer la fluidité.	Taille des particules 50-150 µm
réprimer	Moulage par pressage isostatique à froid (CIP),	Pression 150-200 MPa, temps 5-10 min, densité atteint -65%.
frittage	Frittage par pressage isostatique à chaud (HIP) sous vide/argon.	Température 1450-1500°C, maintien de la pression 1-2h, densité 99,9%±0,1%
finition	meulage et formage de machines CNC .	Tolérance ± 0,01 mm, Ra < 0,4 µm
revêtement	TiAlN / AlCrN est appliqué par la technologie PVD.	Épaisseur 1-2 µm , température 450-500°C, force de liaison >70 MPa
Nettoyage	Le nettoyage par ultrasons élimine les résidus.	Fréquence 40 kHz, durée 5 min
test	Test de densité, de dureté, de résistance et contrôle non destructif.	Densité 14,3-14,9 g/cm³, dureté HV 1800-2200±30, résistance à la flexion > 2000 MPa, contrôle non destructif (ultrasons)
Emballage et livraison	Emballage sous vide, résistant à l'humidité et aux chocs, inspection des étiquettes.	Degré de vide > 0,9 bar, inspection visuelle avant transport

6. Application de la fraise en carbure de type T

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Produit phare de CTIA GROUP LTD, les fraises en carbure de type T ont démontré leur valeur ajoutée et leur vaste potentiel d'application dans de nombreux domaines. Dans l'industrie de la fabrication de moules, elles sont largement utilisées pour l'usinage de rainures en T et de trous de boulons de précision, ainsi que pour la fabrication de moules d'emboutissage, de moules d'injection et de moules de forge, garantissant ainsi une précision et une durabilité élevées. Dans le domaine de l'usinage mécanique, notamment dans l'industrie automobile et la construction de machines lourdes, les fraises de type T sont utilisées pour l'usinage de bancs de machines-outils, de rails de guidage, de connecteurs et d'autres composants. Leurs capacités de coupe performantes améliorent considérablement l'efficacité de la production. Dans l'industrie aéronautique, les fraises de type T sont devenues des outils clés pour l'usinage des alliages de titane, des alliages à base de nickel et des aciers à haute résistance grâce à leur dureté élevée et à leur résistance aux températures élevées, répondant ainsi aux exigences de haute précision des pièces de structure d'avions et des composants de moteurs. Par ailleurs, dans la construction navale et la production d'équipements énergétiques, les fraises de type T sont également utilisées pour usiner de grandes pièces structurelles et des connecteurs spéciaux afin de répondre aux exigences de géométries complexes et de matériaux variés. Les données d'essai de 2025 montrent que le rendement des fraises de type T standard pour l'usinage de l'acier bas carbone et de la fonte peut atteindre 5 à 10 m³/h, tandis que celui des fraises de type T améliorées et revêtues pour l'usinage de matériaux de qualité aéronautique est porté à 15 à 20 m³/h. Ces scénarios d'application démontrent pleinement la contribution significative des fraises de type T de Chinatungsten Intelligent Manufacturing à l'amélioration de la précision d'usinage, au raccourcissement des cycles de production et à la réduction des coûts.

Domaines d'application des fraises en carbure de type T

Domaines d'application	Convient pour	Utilisation spécifique
Fabrication de moules	Type standard	T Usinage de rainures en T et de trous de boulons pour matrices d'emboutissage, de moulage par injection et de forgeage.
Usinage	Type amélioré	T Usinage de bancs de machines-outils, de glissières et de connexions pour machines automobiles et lourdes.
Aérospatial	Type T de précision	Transformation d'alliages de titane, d'alliages à base de nickel et d'aciers à haute résistance pour les structures d'avions et les composants de moteurs.
Construction navale et énergie	Type personnalisé	T Traiter de grandes pièces structurelles et des connecteurs spéciaux pour s'adapter à des géométries complexes et à des matériaux divers.
Zone de traitement grossier	Usinage d'ébauche type T	Élimine rapidement de grandes quantités de matière et convient au traitement initial.
Finition et assemblage	Type T avec chanfrein	Le traitement du chanfreinage des bords améliore les performances d'assemblage des pièces et convient aux pièces de

		précision.
Production de masse	Type T à lames multiples	Améliore l'efficacité de la coupe et convient aux tâches de production à grande échelle.

7. Types de fraises en carbure de type T

taper	Domaines d'application	Utilisation spécifique
Fraise standard de type T	Fabrication de moules	Usinage de rainures en T et de trous de boulons pour matrices d'emboutissage, de moulage par injection et de forgeage.
Fraise de type T améliorée	Usinage	Usinage de bancs de machines-outils, de glissières et de connexions pour machines automobiles et lourdes.
Fraise de précision de type T	Aérospatial	Transformation d'alliages de titane, d'alliages à base de nickel et d'aciers à haute résistance pour les structures d'avions et les composants de moteurs.
Fraise de type T personnalisée	Construction navale et énergie	Traiter de grandes pièces structurelles et des connecteurs spéciaux pour s'adapter à des géométries complexes et à des matériaux divers.
Fraise d'ébauche de type T	Zone de traitement grossier	Élimine rapidement de grandes quantités de matière et convient au traitement initial.
Fraise en T avec chanfrein	Finition et assemblage	Le traitement du chanfreinage des bords améliore les performances d'assemblage des pièces et convient aux pièces de précision.
Fraise à arêtes multiples de type T	Production de masse	Améliore l'efficacité de la coupe et convient aux tâches de production à grande échelle.

8. Fraise en carbure de type T relative aux normes nationales et internationales

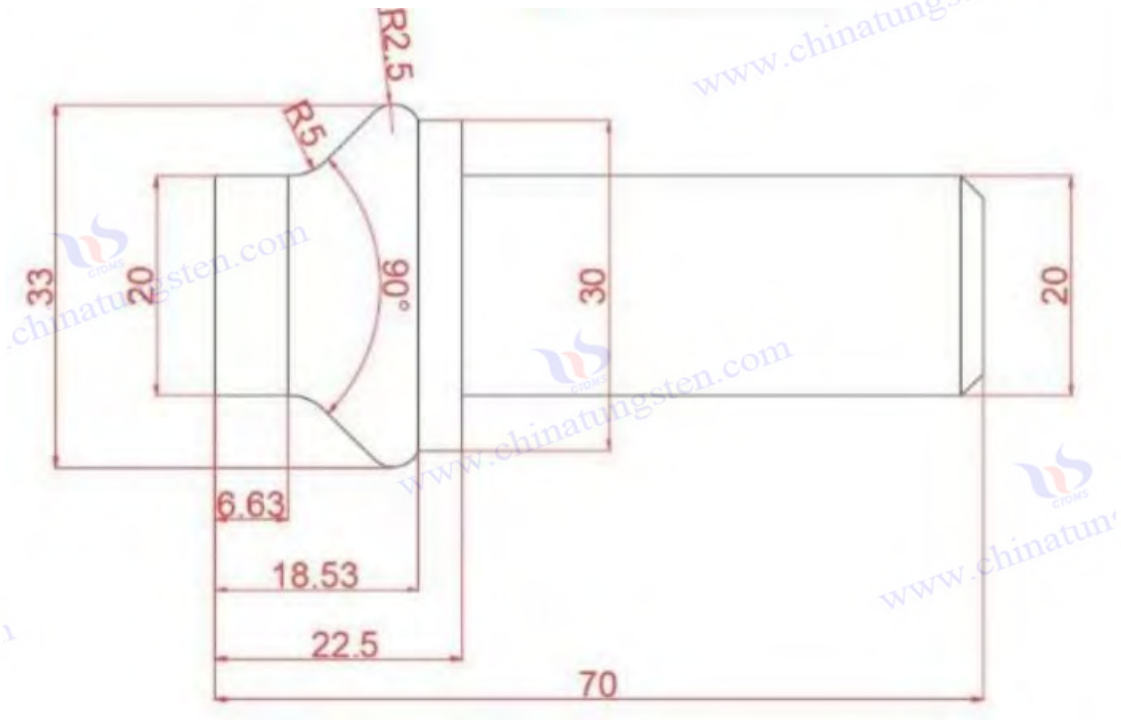
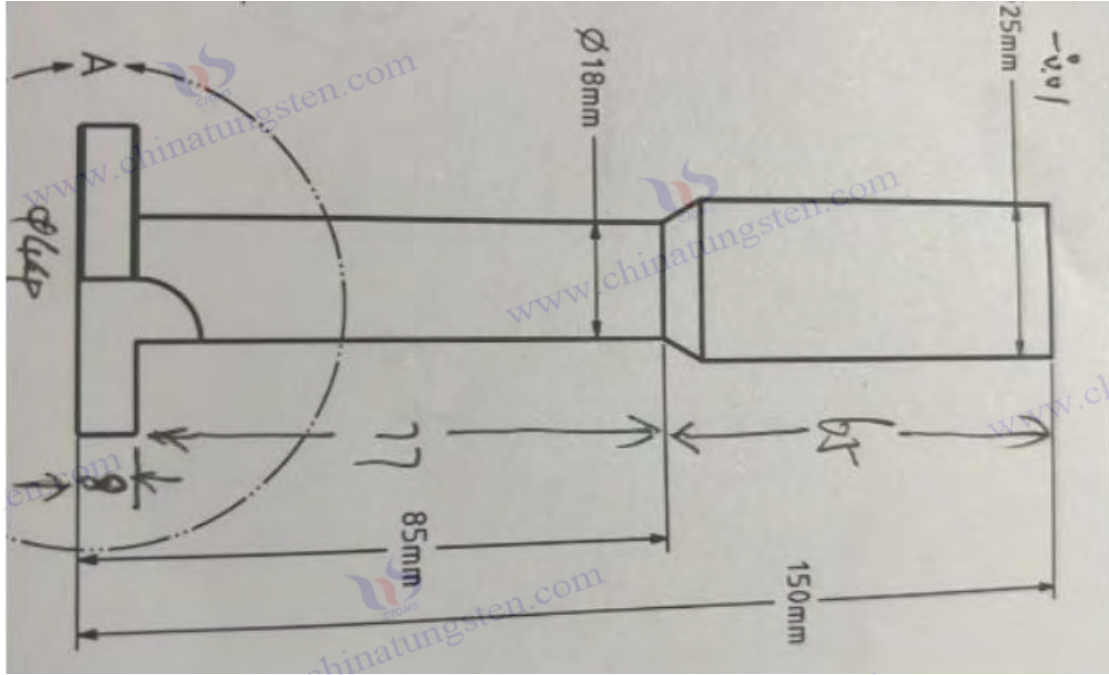
Les fraises en carbure de type T produites par CTIA GROUP LTD doivent être conformes à un certain nombre de normes nationales et internationales afin de garantir leurs performances et leur compétitivité sur le marché. La norme ISO 513, élaborée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), définit la classification et l'application des matériaux des outils de coupe. Les fraises de type T doivent répondre aux exigences de performance des carbures utilisés. La norme ISO 15641 spécifie les paramètres géométriques et les méthodes d'essai de durabilité des fraises, guidant ainsi la conception et l'évaluation des performances des fraises de type T. Les normes DIN 844 et DIN 1839 de la norme industrielle allemande (DIN) définissent respectivement les tolérances et les dimensions d'installation des fraises, adaptées à la fabrication de fraises de type T sur le marché européen. La norme ANSI B94.19, élaborée par l'American National Standards Institute (ANSI),

précise en détail la classification et les conditions d'utilisation des fraises afin de garantir leur compatibilité sur le marché nord-américain. Par ailleurs, la norme JIS B 4120, issue des normes industrielles japonaises (JIS), spécifie les spécifications de fabrication et d'essai des fraises en carbure et est largement utilisée sur le marché asiatique. Les normes nationales chinoises GB/T 16665 et GB/T 5231 précisent respectivement les performances des matériaux en carbure cimenté et les conditions techniques générales des outils de coupe, garantissant ainsi la conformité des fraises de type T produites par CTIA GROUP LTD aux normes internationales. L'effet combiné de ces normes apporte un soutien technique à l'application mondiale des fraises de type T de CTIA GROUP LTD.

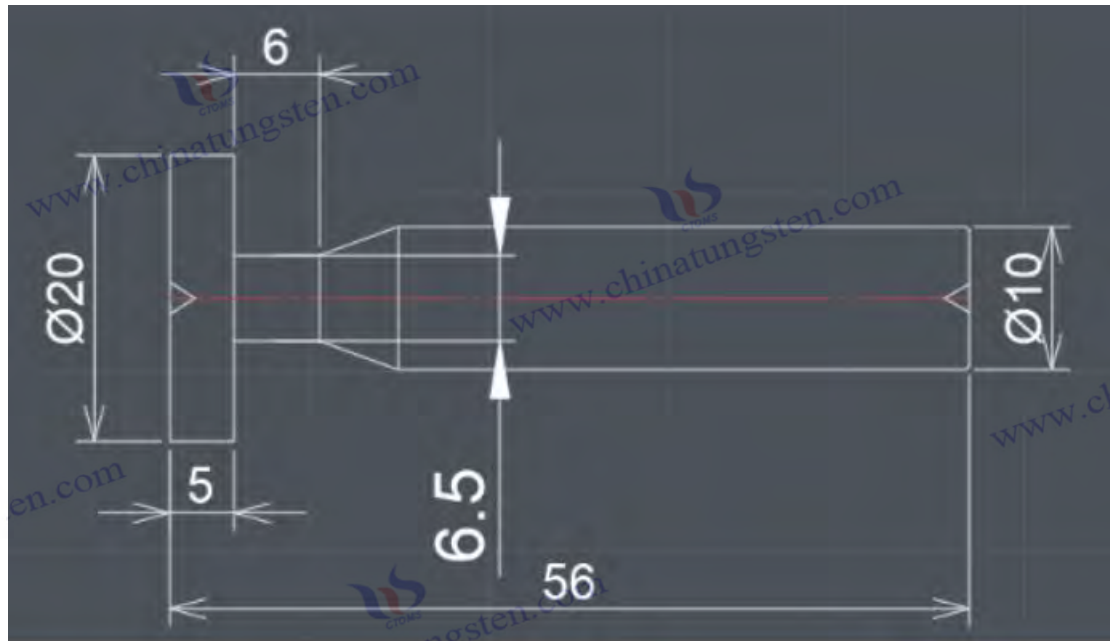
Fraise en carbure de type T, table standard nationale et internationale

organismes de normalisation	Norme n°	Contenu
ISO	ISO 513	Exigences de classification et d'application des matériaux pour outils de coupe.
ISO	ISO 15641	Paramètres de géométrie de la fraise et méthodes de test de durabilité.
VACARME	DIN 844	Tolérances des fraises et exigences relatives aux dimensions d'installation.
VACARME	DIN 1839	Spécifications pour la fabrication et l'utilisation des fraises.
ANSI	ANSI B94.19	Spécification pour la classification et les conditions d'utilisation des fraises.
JIS	JIS B 4120	Spécification pour la fabrication et les essais de fraises en carbure cimenté.
GB/T	GB/T 16665	Exigences de performance des matériaux en carbure cimenté.
GB/T	GB/T 5231	Exigences techniques générales pour les outils de coupe.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

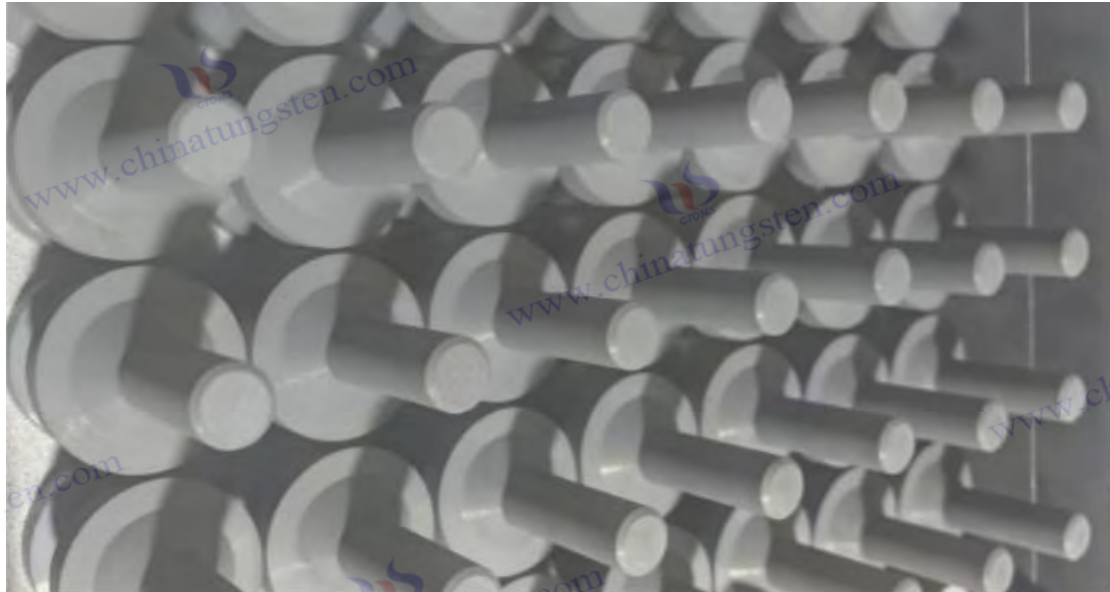


1

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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

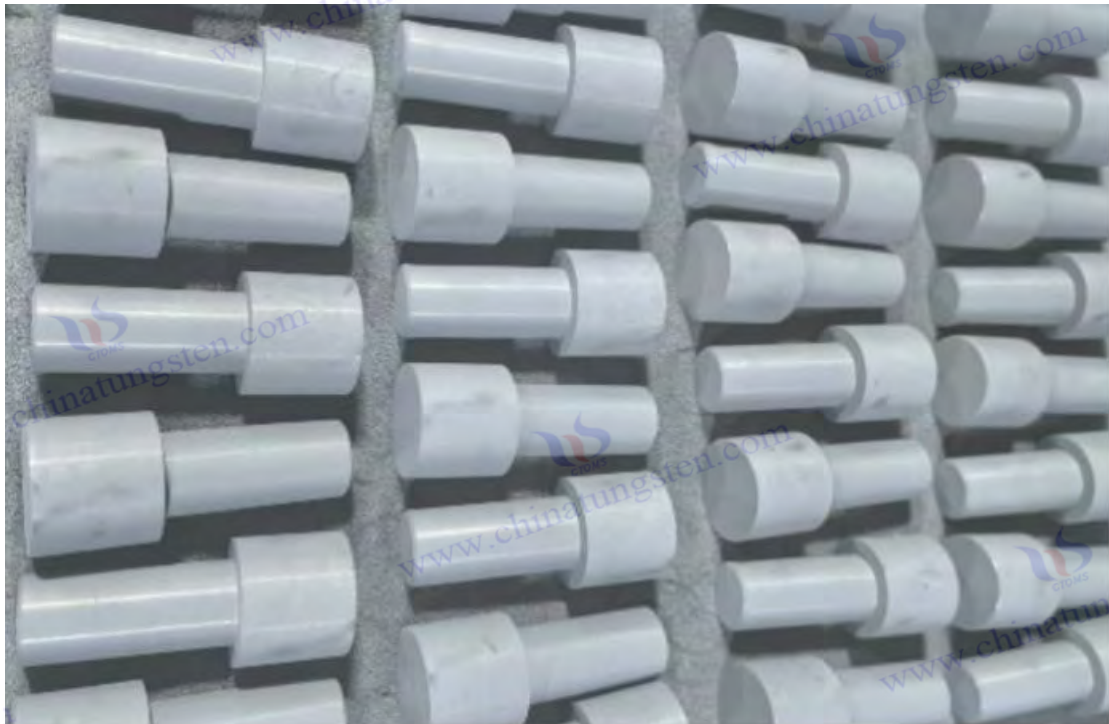


1

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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

ISO 513:2012

- Classification et application des matériaux de coupe durs

pour l'enlèvement de métal avec des arêtes de coupe définies — Désignation des principaux groupes et groupes d'application

1. Portée

La présente Norme internationale spécifie la classification et l'application des matériaux de coupe durs, notamment les carbures, les céramiques, le diamant et le nitrure de bore, pour les opérations de coupe des métaux à arêtes de coupe définies. Elle définit le domaine d'application et les lignes directrices pour ces matériaux, mais ne s'applique pas à d'autres utilisations, telles que les outils d'impact pour l'exploitation minière et autres, les filières de tréfilage, les outils fonctionnant par déformation du métal, les pointes de contact de comparateurs, etc.

1.1 Champ d'application

Cette norme s'applique aux matériaux de coupe durs utilisés dans les opérations de coupe des métaux impliquant l'enlèvement de copeaux.

Les matériaux ou outils destinés à des fins non coupantes ne sont pas inclus.

1.2 Exclusions

Outils d'exploitation minière et d'impact.

Filières de tréfilage.

Outils de déformation des métaux.

Pointe de contact comparatrice.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

ISO 1832:2017, *Plaquettes amovibles pour outils coupants — Désignation*.

ISO 13399-1:2006, *Représentation et échange de données d'outils coupants — Partie 1 : Aperçu, principes fondamentaux et informations générales*.

ISO 15641:2014, *Outillage de pressage — Ressorts de compression à section rectangulaire — Qualité des ressorts*.

Remarque : Les dernières versions des documents référencés peuvent être mises à jour après publication. Il est recommandé de consulter le site web officiel de l'ISO pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Matériaux de coupe durs

Désigne les matériaux à haute dureté et résistance à l'usure utilisés dans la coupe des métaux, y compris, mais sans s'y limiter, le carbure cémenté, la céramique, le diamant et le nitrure de bore.

3.2 Élimination des copeaux

Procédé d'usinage dans lequel de la matière est retirée d'une pièce à usiner au moyen d'un outil de

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

coupe, impliquant généralement un tranchant défini.

3.3 Principaux groupes de matériaux de coupe

Les catégories de matériaux de coupe durs classés selon les propriétés des matériaux et les domaines d'application comprennent :

Groupe P : Convient aux matériaux à copeaux longs tels que l'acier.

Groupe M : Convient aux matériaux à écaillage moyen (tels que l'acier inoxydable).

Groupe K : Convient aux matériaux à copeaux courts (comme la fonte).

Groupe N : Applicable aux métaux non ferreux et aux matériaux non métalliques.

Groupe S : Convient aux matériaux à haute dureté (tels que l'acier trempé).

3.4 Groupes d'application

Sous-catégories d'applications spécifiques basées sur les propriétés du matériau de la pièce et les conditions d'usinage.

4. Symboles et abréviations

WC : Carbure de tungstène.

Co : Cobalt.

TiN : Nitrure de Titane.

PVD : Dépôt Physique en Phase Vapeur.

HV : Dureté Vickers.

5. Classification

5.1 Classification des matériaux

Les matériaux de coupe durs sont divisés en groupes principaux suivants en fonction de leur composition chimique et de leurs propriétés physiques :

Métaux durs : Basés sur le système WC-Co, contenant des traces d'additifs (tels que TiC, TaC).

Céramique : Comprend des matériaux à base d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et de nitrure de silicium (Si_3N_4).

Diamant : Naturel ou synthétique, adapté aux métaux non ferreux.

Nitrure de bore : Nitrure de bore cubique (cBN), adapté aux aciers à haute dureté.

5.2 Classification des applications

Selon le matériau de la pièce et les conditions de traitement, les groupes d'application sont les suivants :

Groupe P : Acier et ses alliages (dureté HB 130-250).

Groupe M : Aciers inoxydables et alliages résistants à la chaleur.

Groupe K : Fonte et matériaux cassants non ferreux.

Groupe N : Aluminium, cuivre et leurs alliages, thermoplastiques.

Groupe S : Acier trempé et fonte trempée (dureté HRC 45-65).

6. Exigences techniques

6.1 Propriétés des matériaux

Dureté : HV 1500-2500 (selon le type de matériau).

Ténacité à la rupture : $K_{1c} \geq 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Résistance à la chaleur : $\geq 800^{\circ}\text{C}$ (après renforcement du revêtement).

6.2 Paramètres géométriques

Angle de coupe : angle de coupe principal 5° - 20° .

Angle de déviation secondaire : 0° - 10° .

Rayon de la pointe : 0,1-1,0 mm.

6.3 Exigences relatives au revêtement

Revêtements optionnels : TiN, TiAlN, AlCrN.

Épaisseur du revêtement : 0,5-5 μm .

Résistance de liaison : $> 70 \text{ MPa}$.

7. Méthodes d'essai

7.1 Essai de dureté

Testé à l'aide d'un testeur de dureté Vickers selon la norme ISO 6507-1.

7.2 Essai de résistance à l'abrasion

À l'aide d'un test de coupe standard, la largeur de la bande d'usure (VB) a été mesurée comme étant $< 0,3 \text{ mm}$ (coupe pendant 30 min).

7.3 Essai de ténacité à la rupture

Testé à l'aide de la méthode de la poutre à encoche unique (SENB) selon la norme ISO 28079.

8. Marquage et emballage

8.1 Logo

Les produits doivent être marqués du groupe de matériaux (par exemple P20, M15) et du logo du fabricant.

Exemple : P20-TiAlN-10mm.

8.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de qualité indiquant le numéro de lot et les données de test.

9. Règles d'inspection

9.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la pureté des matières premières.

9.2 Inspection d'usine

Essais de densité, de dureté et de résistance à la flexion.

Contrôle non destructif (ultrasons).

10. Directives de candidature

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe : 50-300 m/min (ajustable en fonction du matériau).

Vitesse d'avance : 0,1-0,5 mm/tour.

Profondeur de coupe : 0,5-5 mm.

10.2 Refroidissement et lubrification

Il est recommandé d'utiliser un liquide de coupe avec un débit $\geq 10 \text{ L/min}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez l'exposition prolongée à des températures élevées pour éviter le décollement du revêtement.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des propriétés des matériaux

Type de matériau	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m ^{1/2})	Résistance à la chaleur (°C)
carbure cémenté	1500-1800	10-15	800
céramique	1800-2200	3-6	1000
Diamant	8000-10000	5-10	600
nitride de bore	3000-4000	6-12	1200

Annexe B (normative) - Tableau des codes de groupe

Groupes	Matériau de la pièce	Matériaux recommandés
P	Acier (HB 130-250)	Carbure (P20)
M	Acier inoxydable	Carbure (M15)
K	fonte	Carbure (K20)
N	Aluminium, cuivre	Diamant
S	Acier trempé (HRC 45-65)	nitride de bore

13. Index

Matériaux de coupe durs

Enlèvement des copeaux

Classification des matériaux

Groupe d'application

Méthode d'essai

14. Informations de publication

Date de sortie : 15 octobre 2012.

Date d'entrée en vigueur : 1er novembre 2012.

Organisme de maintenance : ISO/TC 29/SC 9 (Outils à tranchants en matériaux de coupe durs).

Langues : Anglais, Français.

Précautions

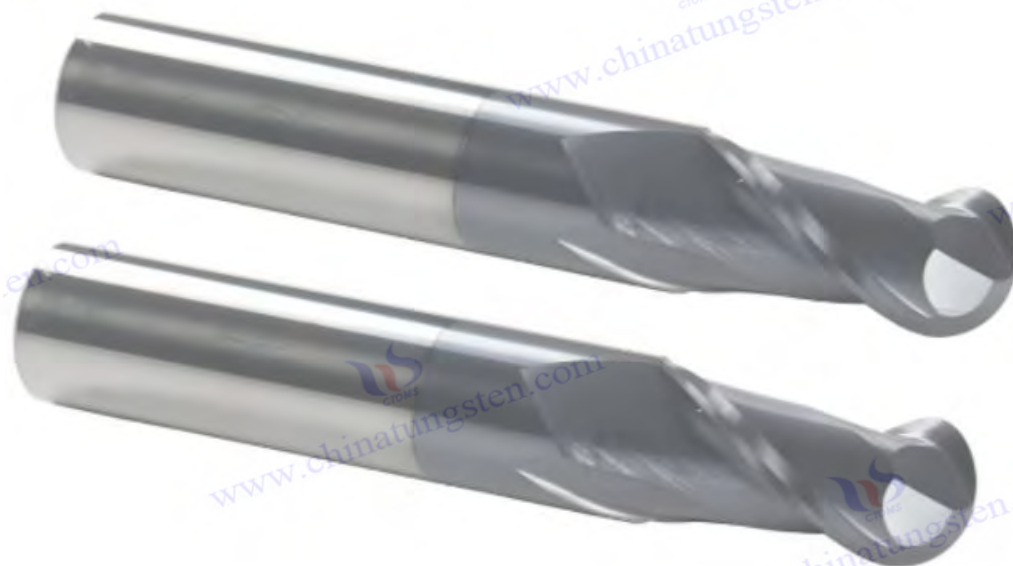
Le contenu ci-dessus est une simulation basée sur les informations publiques et les pratiques industrielles de la norme ISO 513:2012. Des détails techniques spécifiques (tels que des codes de groupe précis ou des paramètres d'essai) peuvent nécessiter une référence au texte officiel de la norme.

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

Pour les versions complètes officielles, veuillez les obtenir sur le site Web officiel de l'ISO ou auprès de distributeurs agréés (tels que ANSI ou DIN).



ISO 15641:2014

Outils de coupe — Fraises — Paramètres géométriques et méthodes d'essai de durabilité

1. Portée

La présente Norme internationale spécifie la définition des paramètres géométriques, les méthodes de mesure et les procédures d'essai de durabilité des fraises (y compris, mais sans s'y limiter, les fraises en bout, les fraises à surfacer et les fraises en T) utilisées pour l'usinage des métaux. Elle s'applique aux fraises en matériaux durs (tels que le carbure cémenté, la céramique et les matériaux extra-durs) à arêtes de coupe définies, afin de garantir des performances constantes dans différentes conditions d'usinage. Elle ne s'applique pas aux outils non coupants ni aux applications d'usinage de matériaux non métalliques.

1.1 Champ d'application

Convient à tous les types de fraises telles que les fraises en bout, les fraises à surfacer, les fraises de type T, etc.

Couvre la conception des paramètres géométriques et les tests de durabilité.

1.2 Exclusions

Outils non coupants (par exemple outils abrasifs).

Outils pour le traitement des matériaux non métalliques.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la

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

version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

ISO 513:2012 , *Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec arêtes de coupe définies* .

ISO 3002-1:1982 , *Grandeurs de base en coupe et en rectification — Partie 1 : Géométrie de la partie active des outils coupants* .

ISO 8688-1:1989 , *Essai de durée de vie des outils en fraisage — Partie 1 : Surfaçage* .

ISO 13399-1:2006 , *Représentation et échange de données d'outils coupants — Partie 1 : Aperçu, principes fondamentaux et informations générales* .

Remarque : Les dernières versions des documents référencés peuvent être mises à jour après publication. Il est recommandé de consulter le site web officiel de l'ISO pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise

Outil de coupe rotatif doté de multiples arêtes de coupe pour l'usinage de matériaux de pièces par enlèvement de copeaux.

3.2 Paramètres géométriques

Caractéristiques décrivant la forme et la taille de la partie coupante d'une fraise, y compris l'angle de déviation, le rayon du nez et l'angle d'hélice.

3.3 Durabilité

La durée de vie d'une fraise dans des conditions de coupe spécifiées est généralement mesurée en temps de coupe ou en nombre de pièces traitées.

3.4 Largeur d'usure du flanc (VB)

Mesure de l'usure des flancs d'un tranchant, utilisée pour évaluer la durabilité.

4. Symboles et abréviations

κ : Angle de coupe.

κ' : Angle de coupe secondaire.

r_ϵ : Rayon d'angle.

VB : Largeur d'usure du flanc.

Vc : Vitesse de coupe (m/min).

fn : Vitesse d'avance (Avance par dent, mm/dent).

5. Classification

5.1 Types de fraises

Fraise : Pour coupe latérale et frontale.

Fraise à surfacer : utilisée pour l'usinage de surfaces planes.

Fraise de type T : spécialement utilisée pour l'usinage des rainures en T.

5.2 Classification des matériaux

Carbure cémenté (à base de WC-Co).

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

Céramiques (Al_2O_3 , Si_3N_4).

Matériaux extra-durs (diamant, cBN).

6. Exigences techniques

6.1 Paramètres géométriques

Angle de déviation principal (κ) : 5° - 20° .

Angle de déviation secondaire (κ') : 0° - 10° .

Rayon de la pointe de l'outil (r_ϵ) : 0,1-1,5 mm.

Angle d'hélice : 15° - 45° (selon les exigences de traitement).

6.2 Exigences de durabilité

Durabilité standard : coupe 30 min, $\text{VB} \leq 0,3$ mm.

Haute durabilité : coupe pendant 60 min, $\text{VB} \leq 0,2$ mm.

7. Méthodes d'essai

7.1 Mesure des paramètres géométriques

Outils : Microscope optique ou MMT.

Précision : $\pm 0,01$ mm.

Norme de référence : Selon la norme ISO 3002-1.

7.2 Test de durabilité

Conditions de test :

Matériau de la pièce : Acier (HB 200).

Vitesse de coupe (V_c) : 100-200 m/min.

Vitesse d'avance (f_n) : 0,1-0,3 mm/dent.

Profondeur de coupe (a_p) : 1-3 mm.

Procédure de test :

Installez la fraise sur la machine d'essai.

Découpe continue selon des paramètres spécifiés.

La VB a été mesurée toutes les 10 minutes.

La durée de vie a été enregistrée jusqu'à ce que VB atteigne 0,3 mm.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

7.3 Enregistrement des données

Enregistrez le temps de coupe, la valeur VB et le mode de défaillance (écaillage, usure, etc.).

8. Marquage et emballage

8.1 Logo

Indiquez le type de fraise (par exemple T20), le groupe de matériaux (par exemple P20) et la taille (par exemple $\phi 10$ mm).

Exemple : T20-P20- $\phi 10$ mm.

8.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un rapport de test contenant des paramètres géométriques et des données de durabilité.

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

9. Règles d'inspection

9.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté des matières premières et des paramètres géométriques.

9.2 Inspection d'usine

Mesure des paramètres géométriques.

Essai de durabilité (contrôle par échantillonnage).

10. Directives de candidature

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe (Vc) : 50-300 m/min (ajustable selon le matériau).

Vitesse d'avance (fn) : 0,05-0,5 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,5-5 mm.

10.2 Refroidissement et lubrification

Il est recommandé d'utiliser un liquide de coupe avec un débit ≥ 10 L/min.

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez la surchauffe de l'outil lors de la coupe à grande vitesse.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des paramètres géométriques

paramètre	portée	Remarque
Angle de déviation principal (κ_r)	5°-20°	Ajuster en fonction de la pièce
Angle de déviation secondaire (κ'_r)	0°-10°	Coupe stable
Rayon de la pointe de l'outil (r_ϵ)	0,1-1,5 mm	Réduire la concentration du stress

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'essai de durabilité

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (ap, mm)
Acier (HB 200)	100-200	0,1-0,3	1-3
fonte	80-150	0,2-0,4	2-4
Acier inoxydable	60-120	0,1-0,2	1-2

13. Index

Fraise

Paramètres géométriques

Test de durabilité

Conditions de coupe

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

14. Informations de publication

Date de sortie : 15 juin 2014.

Date d'entrée en vigueur : 1er juillet 2014.

Organisation de maintenance : ISO/TC 29/SC 9 (Outils à tranchants en matériaux de coupe durs).

Langues : Anglais, Français.



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

Norme industrielle allemande DIN 844:1987

DIN 844:1987 -

Fraises à queue cylindrique — Dimensions

1. Portée

Cette norme spécifie les dimensions, les tolérances et les exigences de montage des fraises à queue cylindrique, applicables aux fraises en bout, aux fraises à surfacer et aux fraises en T. Elle définit le diamètre de la queue, la longueur de la section de coupe et les tolérances de montage de la fraise afin d'assurer sa compatibilité avec la broche et le système de serrage de la machine-outil. Elle s'applique aux fraises pour carbure cémenté (WC-Co), acier rapide (HSS) et autres matériaux de coupe, mais exclut les fraises non standard destinées à des usages spécifiques.

1.1 Champ d'application

Pour fraises à queue, fraises à surfacer et fraises en T à queue cylindrique.

Couvre les dimensions, les tolérances et les exigences d'installation.

1.2 Exclusions

Fraises pour usages spéciaux ou conceptions non standard.

Fraises à queue conique ou Weldon (réf. DIN 1835).

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

DIN 13-1:1999 , *Filetages métriques à usage général ISO — Tolérances* .

DIN 6885-1:2003 , *Fixations à entraînement sans action conique ; clavettes parallèles, rainures de clavette, motif profond* .

ISO 513:2012 , *Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec arêtes de coupe définies* .

ISO 3002-1:1982 , *Grandeurs de base en coupe et en rectification — Partie 1 : Géométrie de la partie active des outils coupants* .

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter le site web officiel du DIN pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Tige cylindrique

Les fraises sont utilisées pour serrer des pièces cylindriques et sont conçues pour s'adapter aux mandrins ou aux dispositifs de serrage des machines-outils.

3.2 Tolérance

La plage d'écart admissible de la taille de la fraise garantit la compatibilité avec les machines-outils et la précision du traitement.

3.3 Dimensions de montage

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

Désigne le diamètre de la poignée, la longueur et les dimensions correspondantes avec le système de serrage.

4. Symboles et abréviations

d : Diamètre de la tige, mm.

l : Longueur totale (mm).

l1 : Longueur de coupe (mm).

h6 : Degré de tolérance (selon DIN 668).

H7 : Degré de tolérance (selon DIN 668).

5. Exigences techniques

5.1 Exigences de taille

Diamètre de la tige (d) : 3 mm à 25 mm, les valeurs standard incluent 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 mm.

Longueur totale (l) : Selon le diamètre, allant de 40 mm à 150 mm.

Longueur de la pièce de coupe (l1) : dépend du type de fraise, généralement 1,5 à 3 fois d.

5.2 Exigences de tolérance

Tolérance diamètre de tige : h6 (diamètre 3-6 mm) ou h7 (diamètre 8-25 mm) selon DIN 668.

h6 : $\pm 0,000/-0,006$ mm (3-6 mm).

h7 : $\pm 0,000/-0,010$ mm (8-25 mm).

Tolérance de longueur : $\pm 0,2$ mm (l et l1).

Tolérance de coaxialité : 0,01 mm (sur toute la longueur).

5.3 Exigences d'installation

Ajustement de serrage : La tolérance d'ajustement entre la tige et la pince ou le dispositif de serrage est H7/s6.

Rugosité de surface : Tige $Ra \leq 0,8 \mu\text{m}$, partie coupante $Ra \leq 1,6 \mu\text{m}$.

Dureté : Tige HRC 40-50, pièce de coupe selon le matériau (tel que carbure HV 1500-1800).

6. Méthodes d'essai

6.1 Mesure dimensionnelle

Outils : Pied à coulisse ou MMT.

Précision : $\pm 0,01$ mm.

Norme de référence : Selon DIN 13-1.

6.2 Vérification de la tolérance

Méthode : Vérifier les tolérances de diamètre et de longueur de la tige à l'aide de jauges standard.

Test de coaxialité : utilisez un rhéomètre rotatif pour mesurer la coaxialité sur toute la longueur.

7. Marquage et emballage

7.1 Logo

Indiquez le type de fraise (par exemple A, B), le diamètre (d), la longueur (l) et le matériau (par exemple HSS).

Exemple : DIN 844-A-10-60-HSS.

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

7.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un rapport d'inspection dimensionnelle et de tolérance.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la taille et de la dureté des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Mesures du diamètre, de la longueur et de la coaxialité de la tige.

Contrôle d'échantillon de l'ajustement du serrage.

9. Directives de candidature

9.1 Recommandations d'installation

Assurez-vous que la pince correspond au diamètre de la tige, un serrage hydraulique ou rétractable est recommandé.

Nettoyez la surface de la poignée avant l'installation.

9.2 Paramètres de coupe

Vitesse de coupe : 50-200 m/min (ajustable en fonction du matériau).

Vitesse d'avance : 0,1-0,3 mm/tour.

10. Exigences de sécurité

Portez des lunettes de protection pendant l'utilisation.

Évitez de trop serrer ou de trop desserrer pour éviter que l'outil ne tombe.

11. Annexe

Annexe A (informative) - Tableaux des dimensions et des tolérances

Diamètre de la tige (d, mm)	Degré de tolérance	Longueur totale (l, mm)	Longueur de coupe (l1, mm)	Coaxialité (mm)
3	h6	40	6	0,01
6	h6	50	12	0,01
10	h7	70	20	0,01
16	h7	100	40	0,01
25	h7	150	75	0,01

Annexe B (normative) - Tableaux d'installation et de montage

Diamètre de la tige (d, mm)	Tolérance de la pince	Type de correspondance
3-6	H7/s6	Coupe de transition
8-25	H7/s6	Coupe de transition

12. Index

Fraise à queue cylindrique

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

tolérance

Dimensions d'installation

Méthode d'essai

13. Informations de publication

Date de sortie : 1er mai 1987.

Date d'entrée en vigueur : 1er juin 1987.

Agence de maintenance : Deutsches Institut für Normung (DIN).

Langues : allemand, anglais.

Norme industrielle allemande DIN 1839:1990

DIN 1839:1990

Fraises — Spécifications de fabrication et d'application

1. Portée

Cette norme spécifie le procédé de fabrication, le contrôle qualité et les conditions d'utilisation des fraises (y compris les fraises en bout, les fraises à surfacer et les fraises en T). Elle s'applique aux fraises en carbure cémenté (WC-Co), en acier rapide (HSS) et autres matériaux de coupe. Elle vise à garantir la régularité de fabrication, la sécurité d'utilisation et la compatibilité des fraises avec les systèmes de machines-outils. Elle ne s'applique pas aux outils non coupants ni aux fraises non standard destinées à des usages spécifiques.

1.1 Champ d'application

Convient à la fabrication et à l'utilisation de fraises en bout, de fraises à surfacer et de fraises de type T.

Couvre les processus de fabrication, les conditions d'utilisation et les exigences de sécurité.

1.2 Exclusions

Outils non coupants (par exemple outils abrasifs).

Fraises pour usages spéciaux ou conceptions non standard.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

DIN 844:1987 , *Fraises à queue cylindrique — Dimensions* .

DIN 13-1:1999 , *Filetages métriques à usage général ISO — Tolérances* .

ISO 513:2012 , *Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec arêtes de coupe définies* .

ISO 8688-1:1989 , *Essai de durée de vie des outils en fraisage — Partie 1 : Surfaçage* .

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter le site web officiel du DIN pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise

Outil de coupe rotatif doté de multiples arêtes de coupe pour l'usinage de matériaux de pièces par enlèvement de copeaux.

3.2 Processus de fabrication

Les étapes de traitement, de la préparation de la matière première à la fraise finie, comprennent la métallurgie des poudres, le frittage et le revêtement.

3.3 Conditions d'application

Paramètres de coupe, exigences de refroidissement et spécifications de maintenance des fraises

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pendant l'usinage.

4. Symboles et abréviations

d : Diamètre de la tige, mm.

l : Longueur totale (mm).

V_c : Vitesse de coupe (m/min).

f_n : Vitesse d'avance (Avance par dent, mm/dent).

PVD : Dépôt Physique en Phase Vapeur.

5. Exigences techniques

5.1 Exigences de fabrication

Sélection des matériaux :

Carbure cémenté : teneur en WC 88%-92%, teneur en Co 6%-12%.

Acier rapide : HSS-E (contenant du cobalt) dureté HRC 62-66.

Procédé de fabrication :

Métallurgie des poudres : temps de broyage à boulets 12-24 h, pression de pressage 150-200 MPa.

Frittage : température 1350-1450°C, maintien en pression 1-2 h.

Revêtement : PVD TiAlN, épaisseur 1-3 µm.

Rugosité de surface : Partie coupante $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$, tige $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$.

5.2 Conditions d'utilisation

Données de coupe :

Vitesse de coupe (**V_c**) : 50-300 m/min (ajustable en fonction du matériau).

Vitesse d'avance (**f_n**) : 0,05-0,5 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,5-5 mm.

Refroidissement : Liquide de coupe recommandé, débit $\geq 10 \text{ L/min}$.

6. Processus de fabrication

6.1 Préparation des matières premières

De la poudre WC de haute pureté (pureté > 99,8 %) et de la poudre Co (pureté > 99,5 %) ont été utilisées.

Contrôle de la granulométrie : $D_{50} < 1 \mu\text{m}$.

6.2 Flux de traitement

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 150-200 MPa.

Frittage : Pressage isostatique à chaud (HIP), température 1350-1450°C.

Finition : Rectification CNC, tolérance $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Revêtement : procédé PVD, température 450-500°C.

6.3 Contrôle de la qualité

Densité : 14,0-14,9 g/cm³.

Dureté : HV 1500-1800 (carbure).

7. Spécifications de l'application

7.1 Installation

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Assurez-vous que la tige correspond à la pince, tolérances selon DIN 844 h6/h7.

Nettoyez la poignée avant l'installation.

7.2 Entretien

Vérifiez régulièrement la largeur de la bande d'usure (VB), norme de remplacement $VB > 0,3 \text{ mm}$.

Évitez la coupe à sec pendant plus de 10 minutes.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la pureté des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Dimensions, tolérances et essais de dureté.

Essai de durabilité (échantillonnage), selon la norme ISO 8688-1.

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Indiquez le type (tel que T), le diamètre (d), la longueur (l) et le matériau.

Exemple : DIN 1839-T-10-60-HM.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de fabrication et de test.

10. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez de couper en surcharge pour éviter l'écaillage de l'outil.

11. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau des paramètres du processus de fabrication

Étapes du processus	Plage de paramètres	Remarque
broyage à boulets	12-24 h, rapport moyen 1:2	Assurer l'uniformité
réprimer	150-200 MPa	Densité initiale 60%-65%
frittage	1350-1450°C, 1-2 h	Densité > 99,9%
revêtement	1-3 μm , 450-500°C	revêtement TiAlN

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (V_c , m/min)	Vitesse d'avance (f_n , mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	100-200	0,1-0,3	1-3
fonte	80-150	0,2-0,4	2-4
Acier inoxydable	60-120	0,1-0,2	1-2

12. Index

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

Fraise

Processus de fabrication

Directives d'utilisation

Exigences de sécurité

13. Informations de publication

Date de publication : 1er mars 1990. **Date d'entrée en vigueur** : 1er avril 1990.

Agence de maintenance : Deutsches Institut für Normung (DIN).

Langues : allemand, anglais.

Norme nationale américaine
ANSI B94.19-1997 (R2019) -
Fraises et fraises en bout

1. Portée

Cette norme spécifie la classification, les dimensions, les tolérances et les conditions de service des fraises et des fraises monoblocs en acier rapide, applicables à diverses opérations de fraisage dans l'usinage des métaux. Elle inclut des définitions générales, des plages de dimensions et des exigences de tolérance, et fournit des indications sur les conditions de service afin de garantir la performance et la sécurité des fraises dans différents matériaux et environnements d'usinage. Elle ne s'applique pas aux fraises qui ne sont pas monoblocs ni destinées à l'usinage de métaux.

1.1 Champ d'application

Pour fraises monoblocs et fraises en acier rapide.

Couvre la classification, les dimensions, les tolérances et les conditions d'utilisation.

1.2 Exclusions

Fraise à construction non intégrale.

Applications de coupe non métalliques.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

ANSI B5.10-1994 , *Cônes de machine* .

ISO 513:2012 , *Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec arêtes de coupe définies* .

ISO 8688-1:1989 , *Essai de durée de vie des outils en fraisage — Partie 1 : Surfaçage* .

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter le site web officiel de l'ANSI pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise

Outil de coupe rotatif doté de multiples arêtes de coupe pour l'usinage de matériaux de pièces par enlèvement de copeaux.

3.2 Fraise en bout

Une fraise avec des arêtes de coupe sur la face d'extrémité et la circonférence, capable de couper axialement et radialement.

3.3 Conditions d'application

Paramètres de coupe, exigences de refroidissement et spécifications de maintenance des fraises pendant l'usinage.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Symboles et abréviations

d : Diamètre (mm).
l : Longueur totale (mm).
Vc : Vitesse de coupe (m/min).
fn : Vitesse d'avance (Avance par dent, mm/dent).
HSS : Acier rapide.

5. Classification

5.1 Types de fraises

Fraises : Comprend les fraises à fond plat, les fraises à bout sphérique et les fraises à angle.

Fraise à surfacer : utilisée pour l'usinage de surfaces planes, divisée en types d'ébauche et de finition.

Fraise à rainurer : y compris fraise à rainurer en T et fraise à rainurer.

5.2 Classification des tailles

Plage de diamètres : 3 mm à 50 mm, les valeurs standard incluent 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50 mm.

Gamme de longueurs : 40 mm à 200 mm, graduées selon le diamètre.

5.3 Classification de tolérance

Tolérance de diamètre : h6 (3-6 mm) ou h7 (8-50 mm).

Tolérance de longueur : $\pm 0,2$ mm.

6. Spécifications de l'application

6.1 Paramètres de coupe

Vitesse de coupe (Vc) :

Acier (HB 200) : 20-50 m/min.

Fonte : 30-70 m/min.

Alliage d'aluminium : 100-300 m/min.

Vitesse d'avance (fn) : 0,05-0,3 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,5-5 mm (ajustable en fonction du diamètre de la fraise).

6.2 Refroidissement et lubrification

Il est recommandé d'utiliser un liquide de coupe avec un débit ≥ 10 L/min.

La découpe à sec convient aux traitements à faible charge et ne dure pas plus de 10 minutes.

6.3 Adaptation du matériau de la pièce

Groupe P : Acier et ses alliages (dureté HB 130-250).

Groupe K : Fonte et matériaux cassants non ferreux.

Groupe N : Aluminium, cuivre et leurs alliages.

6.4 Exigences d'entretien

Vérifiez régulièrement la largeur de la bande d'usure (VB), norme de remplacement $VB > 0,3$ mm.

Évitez de couper en surcharge pour éviter l'écaillage de l'outil.

7. Exigences techniques

7.1 Propriétés des matériaux

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

Dureté : HRC 62-66 (HSS).

Résistance à la chaleur : $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

7.2 Paramètres géométriques

Angle de déviation principal : 5° - 15° .

Rayon de pointe : 0,1-1,0 mm.

8. Méthodes d'essai

8.1 Mesure dimensionnelle

Outils : Pied à coulisse ou MMT.

Précision : $\pm 0,01$ mm.

8.2 Test de durabilité

Conditions : Acier (HB 200), Vc 30 m/min, fn 0,1 mm/dent, ap 2 mm.

Procédure : Couper en continu pendant 30 min et mesurer VB.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Indiquez le type (tel que EM), le diamètre (d) et la longueur (l).

Exemple : ANSI B94.19-EM-10-60.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un rapport de test de taille et de durabilité.

10. Règles d'inspection

10.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la taille des matières premières.

10.2 Inspection d'usine

Essais dimensionnels, de tolérance et de durabilité (échantillonnage).

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez la surchauffe de l'outil lors de la coupe à grande vitesse.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableaux de classification et de tailles

taper	Plage de diamètres (mm)	Plage de longueur (mm)	Degré de tolérance
Fraise à queue	3-25	40-150	h6/h7
Fraise à surfacer	10-50	50-200	h7
Fraise à rainurer en T	6-32	50-150	h6/h7

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

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	20-50	0,05-0,2	1-3
fonte	30-70	0,1-0,3	2-4
alliage d'aluminium	100-300	0,1-0,5	1-5

13. Index

Fraise

Fraise à queue

Classification

Conditions d'utilisation

14. Informations de publication

Date de sortie : 20 mars 1997.

Dernière date confirmée : 2019.

Maintenu par : American National Standards Institute (ANSI).

Langue : anglais.



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


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

1


www.chinatun


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

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

Normes industrielles japonaises

JIS B 4120:2000

Fraises à pointes en carbure - Spécifications de fabrication et d'essais

— Spécifications de fabrication et d'essais

1. Portée

Cette norme spécifie le procédé de fabrication, le contrôle qualité et les méthodes d'essai des fraises en carbure cimenté (y compris les fraises en bout, les fraises à surfacer et les fraises à rainurer). Elle s'applique aux matériaux en carbure cimenté (tels que les bases WC-Co) utilisés pour l'usinage des métaux. Elle vise à garantir la régularité de fabrication, les performances de coupe et la sécurité des fraises. Elle ne s'applique pas aux matériaux non en carbure cimenté ni aux outils destinés à des applications autres que l'usinage.

1.1 Champ d'application

Pour fraises à queue, fraises à surfacer et fraises à rainurer en carbure.

Couvre les processus de fabrication, le contrôle qualité et les exigences de test.

1.2 Exclusions

Fraises en matériaux non carbure.

Outils à usage non coupant.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

JIS B 4104:1995, *Outils à pointe en carbure — Règles générales*.

ISO 513:2012, *Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec arêtes de coupe définies*.

ISO 8688-1:1989, *Essai de durée de vie des outils en fraisage — Partie 1 : Surfaçage*.

Remarque : Les dernières versions des documents référencés peuvent être mises à jour après publication. Il est recommandé de consulter le site web officiel du JIS pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise en carbure

Les fraises en carbure cimenté à base de carbure de tungstène (WC) conviennent à la découpe de pièces de haute dureté.

3.2 Processus de fabrication

Les étapes de traitement, de la préparation de la matière première à la fraise finie, comprennent la métallurgie des poudres, le frittage et le revêtement.

3.3 Méthodes d'essai

Procédure expérimentale standardisée pour évaluer les performances et la durabilité des fraises.

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

4. Symboles et abréviations

d : Diamètre (mm).
l : Longueur totale (mm).
Vc : Vitesse de coupe (m/min).
VB : Largeur d'usure du flanc (mm).
WC : Carbure de tungstène.

5. Exigences techniques

5.1 Propriétés des matériaux

Dureté : HV 1500-1800.

Ténacité à la rupture : $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Densité : 14,0-14,9 g/cm³.

5.2 Paramètres géométriques

Angle de déviation principal : 5°-20°.

Rayon de pointe : 0,1-1,0 mm.

Angle d'hélice : 15°-45° (ajustable selon l'application).

5.3 Exigences relatives au revêtement

Revêtement optionnel : TiN, TiAlN, épaisseur 1-3 µm.

Résistance d'adhérence : > 70 MPa.

6. Processus de fabrication

6.1 Préparation des matières premières

De la poudre WC de haute pureté (pureté > 99,8 %) et de la poudre Co (pureté > 99,5 %) ont été utilisées.

Contrôle de la granulométrie : D50 < 1 µm.

6.2 Flux de traitement

Pressage : Pressage isostatique à froid (NEP), pression 150-200 MPa.

Frittage : Pressage isostatique à chaud (HIP), température 1350-1450°C, maintien en pression 1-2 h.

Finition : Rectification CNC, tolérance ±0,01 mm.

Revêtement : procédé PVD, température 450-500°C.

6.3 Contrôle de la qualité

Essai de densité : 14,0-14,9 g/cm³.

Essai de dureté : HV 1500-1800.

7. Méthodes d'essai

7.1 Dimensions et tolérances

Outils : Machine à mesurer tridimensionnelle.

Précision : ±0,01 mm.

Norme de référence : Selon JIS B 4104.

7.2 Test de durabilité

Conditions de test :

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

Matériau de la pièce : acier JIS S45C (HB 200).

Vitesse de coupe (V_c) : 100-150 m/min.

Vitesse d'avance (f_n) : 0,1-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe : 1-3 mm.

programme :

Installez la fraise sur la machine d'essai.

Couper en continu pendant 30 min selon les paramètres spécifiés.

La largeur de la bande d'usure (VB) a été mesurée.

Critères de jugement : $VB \leq 0,3$ mm.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

7.3 Enregistrement des données

Le temps de coupe, la valeur VB et le mode de défaillance ont été enregistrés.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la pureté des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Dimensions, tolérances, essais de dureté.

Essai de durabilité (échantillonnage).

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Indiquez le type (tel que EM), le diamètre (d), la longueur (l) et le matériau.

Exemple : JIS B 4120-EM-10-60-WC.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de fabrication et de test.

10. Spécifications de l'application

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe (V_c) : 50-300 m/min (ajustable en fonction de la pièce).

Vitesse d'avance (f_n) : 0,05-0,5 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,5-5 mm.

10.2 Exigences de refroidissement

Fluide de coupe recommandé, débit ≥ 10 L/min.

La coupe à sec est limitée aux charges légères et à une durée ≤ 10 min.

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez de couper en surcharge pour éviter l'écaillage de l'outil.

12. Annexe

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

Annexe A (informative) - Tableau des paramètres du processus de fabrication

Étapes du processus	Plage de paramètres	Remarque
broyage à boulets	12-24 h, rapport moyen 1:2	Assurer l'uniformité
réprimer	150-200 MPa	Densité initiale 60%-65%
frittage	1350-1450°C, 1-2 h	Densité > 99,9%
revêtement	1-3 µm, 450-500°C	revêtement TiAlN

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'essai

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
JIS S45C	100-150	0,1-0,2	1-3
fonte	80-120	0,2-0,3	2-4
Acier inoxydable	60-100	0,1-0,2	1-2

13. Index

Fraise en carbure

Processus de fabrication

Méthode d'essai

Directives d'utilisation

14. Informations de publication

Date de sortie : 20 juin 2000.

Date d'entrée en vigueur : 1er juillet 2000.

Organisation de maintenance : Comité japonais des normes industrielles (JISC).

Langue : japonais, anglais.

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



Norme nationale chinoise

GB/T 16665-2017

- Exigences techniques et méthodes d'essai

pour les alliages durs

— Exigences techniques et méthodes d'essai

1. Portée

Cette norme spécifie les exigences techniques et les méthodes d'essai de performance du carbure cimenté (avec du carbure de tungstène WC comme phase dure principale et du cobalt Co ou du nickel Ni comme phase de liaison), applicable à la fabrication d'outils de coupe, de moules et de pièces résistantes à l'usure. Elle inclut les exigences relatives aux propriétés physiques, à la composition chimique et aux propriétés mécaniques du matériau, ainsi que les méthodes d'essai correspondantes. Elle ne s'applique pas aux matériaux non cimentés ni aux matériaux composites destinés à des usages spéciaux.

1.1 Champ d'application

Applicable aux carbures cimentés à base de WC-Co ou WC-Ni.

Couvre les exigences de performance et les méthodes de test.

1.2 Exclusions

Matériaux non carbure.

Matériaux composites pour applications spéciales.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 3850-2015, *Méthodes d'essai des propriétés des métaux durs*.

GB/T 5244-2015, *Métaux durs — Détermination des teneurs en cobalt, titane, tantale, niobium et vanadium*.

ISO 513:2012, *Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec arêtes de coupe définies*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Métal dur

Un matériau fritté avec du carbure de tungstène (WC) comme phase dure principale et du cobalt (Co) ou du nickel (Ni) comme phase de liaison, qui présente une dureté et une résistance à l'usure élevées.

3.2 Dureté

Capacité d'un matériau à résister à une déformation plastique localisée ou à une indentation,

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

généralement exprimée en dureté Vickers (HV).

3.3 Ténacité à la rupture

La capacité d'un matériau à résister à la croissance des fissures, généralement exprimée par le facteur d'intensité de contrainte critique (K_{Ic}).

4. Symboles et abréviations

HV : Dureté Vickers.

K_{Ic} : Ténacité à la rupture ($\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$).

ρ : Masse volumique (g/cm^3).

WC : Carbure de tungstène.

Co : Cobalt.

5. Exigences techniques

5.1 Composition chimique

Teneur en WC : 85%-94% (fraction massique).

Teneur en Co : 6%-12% (fraction massique), Ni $\leq$ 2% (facultatif).

Teneur en impuretés : oxygène $\leq$ 0,2 %, autres impuretés $\leq$ 0,5 %.

5.2 Propriétés physiques

Densité (ρ) : 14,0-15,0 g/cm^3 (ajustée en fonction de la teneur en Co).

Porosité : A02-B00-C00 (selon la nuance GB/T 3850).

5.3 Propriétés mécaniques

Dureté (HV30) : 1200-1800 (selon le grade).

Ténacité à la rupture (K_{Ic}) : 8-15 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Résistance à la flexion : 1800-2500 MPa.

5.4 Résistance à la chaleur

Température de fonctionnement : $\leq$ 800°C (non revêtu).

Résistance à l'oxydation : Taux de perte de poids $\leq$ 0,1%/h (800°C, 1h).

6. Méthodes d'essai

6.1 Analyse de la composition chimique

Méthodes : Analyse spectroscopique ou méthodes chimiques humides.

Précision : $\pm 0,1\%$ (fraction massique).

Norme de référence : Selon GB/T 5244.

6.2 Mesure de la densité

Outils : méthode d'Archimède ou méthode de pénétration du mercure.

Précision : $\pm 0,05 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Norme de référence : Selon GB/T 3850.

6.3 Essai de dureté

Outils : Duromètre Vickers, charge 30 kg.

Précision : $\pm 20 \text{ HV}$.

Norme de référence : Selon GB/T 3850.

6.4 Essai de ténacité à la rupture

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Méthode : Méthode de la poutre entaillée à bord unique (SENB).

Précision : $\pm 0,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Norme de référence : Selon GB/T 3850.

6.5 Essai de résistance à la flexion

Méthode : Essai de flexion trois points.

Taille de l'échantillon : $20 \text{ mm} \times 6,5 \text{ mm} \times 5,25 \text{ mm}$.

Précision : $\pm 50 \text{ MPa}$.

Norme de référence : Selon GB/T 3850.

7. Règles d'inspection

7.1 Inspection d'usine

Contrôle de la composition chimique et de la granulométrie des matières premières.

7.2 Inspection d'usine

Essais de densité, de dureté, de ténacité à la rupture et de résistance à la flexion.

Analyse de la porosité et de la microstructure.

8. Marquage et emballage

8.1 Logo

Indiquez le numéro de marque (par exemple YG6, YG8) et le numéro de lot.

Exemple : GB/T 16665-YG6-20250601.

8.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un rapport de test de performance.

9. Directives de candidature

9.1 Domaines d'application

Outils de coupe des métaux (fraise, outils de tournage).

Pièces résistantes à l'usure (matrices, poinçons).

9.2 Recommandations d'utilisation

Éviter une utilisation prolongée à des températures supérieures à 800°C .

Vérifiez régulièrement l'usure des surfaces.

10. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Éviter l'inhalation de poussières et manipuler dans un environnement aéré.

11. Annexe

Annexe A (informative) - Tableaux de référence des performances

Marque	Teneur en WC (%)	Teneur en Co (%)	Dureté (HV30)	Ténacité à la rupture (K_{IC} , $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)	Résistance à la flexion (MPa)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG6	94	6	1500-1600	10-12	1800-2000
YG8	92	8	1400-1500	12-14	2000-2200
YG12	88	12	1300-1400	14-15	2200-2500

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'essai

Indicateurs de performance	Méthode d'essai	Nombre d'échantillons	Écart admissible
densité	méthode d'Archimède	3	$\pm 0,05 \text{ g/cm}^3$
dureté	Testeur de dureté Vickers	5	$\pm 20 \text{ HV}$
Ténacité à la rupture	SENB	5	$\pm 0,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$
Résistance à la flexion	Flexion à trois points	5	$\pm 50 \text{ MPa}$

12. Index

carbure cimenté

Exigences de performance

Méthode d'essai

Exigences techniques

13. Informations de publication

Date de sortie : 30 juin 2017.

Date d'entrée en vigueur : 1er décembre 2017.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC).

Langue : chinois, anglais.

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



Norme nationale chinoise GB/T 5231-2019

GB/T 5231-2019

- Outils coupants

— Conditions techniques générales

1. Portée

Cette norme spécifie les conditions techniques générales des outils coupants (y compris les outils de tournage, les fraises, les forets et les outils d'alésage, etc.). Elle couvre le choix des matériaux, le procédé de fabrication, les tolérances dimensionnelles, les exigences de performance et les spécifications d'inspection et d'utilisation. Elle s'applique aux outils coupants en divers matériaux (tels que l'acier rapide et le carbure cémenté) destinés à l'usinage des métaux, et ne s'applique pas aux outils non coupants ni aux outils destinés à l'usinage de matériaux autres que les métaux.

1.1 Champ d'application

Convient aux outils de coupe en acier rapide, carbure cémenté, etc.

Couvre les exigences de fabrication, d'inspection et d'utilisation.

1.2 Exclusions

Outils non coupants (par exemple outils abrasifs).

Applications de traitement des non-métaux.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 16665-2017, *Métaux durs — Exigences techniques et méthodes d'essai*.

GB/T 3850-2015, *Méthodes d'essai des propriétés des métaux durs*.

ISO 513:2012, *Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec arêtes de coupe définies*.

ISO 8688-1:1989, *Essai de durée de vie des outils en fraisage — Partie 1 : Surfaçage*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Outil de coupe

Les outils qui usinent la pièce par enlèvement de copeaux ont généralement un tranchant défini.

3.2 Tolérance

La plage d'écart admissible de la taille de l'outil de coupe garantit la précision du traitement et l'interchangeabilité.

3.3 Conditions d'application

Paramètres de coupe et exigences environnementales des outils de coupe pendant l'usinage.

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

4. Symboles et abréviations

d : Diamètre (mm).
l : Longueur totale (mm).
Vc : Vitesse de coupe (m/min).
VB : Largeur d'usure du flanc (mm).
HSS : Acier rapide.

5. Exigences techniques

5.1 Exigences matérielles

Acier rapide (HSS) : Dureté HRC 62-66, résistance à la chaleur $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Carbure cémenté : dureté HV 1200-1800, ténacité à la rupture $K_{IC} \geq 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Revêtement : TiN ou TiAlN, épaisseur 1-3 μm .

5.2 Paramètres géométriques

Angle d'attaque : 5° - 20° (ajustable selon le type d'outil).

Rayon de pointe : 0,1-1,0 mm.

Rugosité de surface : $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ (partie coupante), $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ (tige).

5.3 Tolérance dimensionnelle

Tolérance de diamètre : h6 (3-6 mm) ou h7 (8-25 mm).

Tolérance de longueur : $\pm 0,2 \text{ mm}$.

Tolérance de coaxialité : 0,01 mm (sur toute la longueur).

6. Processus de fabrication

6.1 Préparation du matériel

Acier rapide : forgé ou laminé, recuit.

Carbure cémenté : métallurgie des poudres, pression de pressage 150-200 MPa.

6.2 Flux de traitement

Usinage d'ébauche : tournage ou fraisage.

Finition : Rectification CNC, tolérance $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Traitement thermique : Trempe (HSS), frittage (carbure), température 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Revêtement

Procédé PVD, température 450-500 $^{\circ}\text{C}$, force de liaison $> 70 \text{ MPa}$.

7. Méthodes d'essai

7.1 Dimensions et tolérances

Outils : MMT ou pied à coulisse.

Précision : $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Norme de référence : Selon GB/T 3850.

7.2 Essai de dureté

Outils : Duromètre Vickers, charge 30 kg.

Précision : $\pm 20 \text{ HV}$.

Norme de référence : Selon GB/T 3850.

7.3 Test de durabilité

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

Conditions : Acier (HB 200), Vc 50-100 m/min, fn 0,1 mm/dent, ap 2 mm.

Procédure : Couper en continu pendant 30 min et mesurer VB.

Critères de jugement : $VB \leq 0,3$ mm.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la composition chimique des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Dimensions, tolérances, essais de dureté.

Essai de durabilité (échantillonnage).

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Indiquez le type (tel que M), le diamètre (d), la longueur (l) et le matériau.

Exemple : GB/T 5231-M-10-60-HSS.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de fabrication et de test.

10. Spécifications de l'application

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe (Vc) : 20-300 m/min (ajustable selon le matériau).

Vitesse d'avance (fn) : 0,05-0,5 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,5-5 mm.

10.2 Exigences de refroidissement

Fluide de coupe recommandé, débit ≥ 10 L/min.

La coupe à sec est limitée aux charges légères et à une durée ≤ 10 min.

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez de couper en surcharge pour éviter l'écaillage de l'outil.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des paramètres techniques

Type de matériau	Dureté (HV/HRC)	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Degré de tolérance	Rugosité de surface (Ra, μm)
HSS	HRC 62-66	20-50	h6/h7	$\leq 1,6$
carbure cémenté	HV 1200-1800	50-300	h6/h7	$\leq 1,6$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	50-100	0,1-0,2	1-3
fonte	70-120	0,2-0,3	2-4
alliage d'aluminium	100-300	0,1-0,5	1-5

13. Index

Outils de coupe

Exigences techniques

Méthode d'essai

Directives d'utilisation

14. Informations de publication

Date de sortie : 4 juin 2019.

Date d'entrée en vigueur : 1er janvier 2020.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC).

Langue : chinois, anglais.



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

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
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

Norme nationale chinoise GB/T 20323-2020

GB/T 20323-2020

Code des fraises (intégrales/dentées/indexables)

— Système de désignation pour les types pleins/dents insérables/indexables

1. Portée

Cette norme spécifie le système de codification des fraises (intégrales, à plaquettes et indexables) permettant d'identifier le type, la structure, la taille, le matériau et d'autres caractéristiques techniques des fraises. Elle s'applique à diverses fraises utilisées dans l'usinage des métaux et vise à assurer une identification cohérente des produits et une interopérabilité internationale. Elle ne s'applique pas aux outils non coupants ni aux fraises spéciales de conception non standard.

1.1 Champ d'application

Convient aux fraises pleines, à plaquettes et indexables.

Couvre les conventions de code et les méthodes d'identification.

1.2 Exclusions

Outils non coupants.

Fraises spéciales avec des conceptions non standard.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 5231-2019, *Outils coupants — Conditions techniques générales*.

GB/T 16665-2017, *Métaux durs — Exigences techniques et méthodes d'essai*.

ISO 5608:2012, *Fraises — Désignation*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise solide

Une fraise fabriquée à partir d'un seul matériau, la partie coupante et la tige étant d'une seule pièce.

3.2 Fraise à dents insérables

Fraise dans laquelle les dents de coupe sont fixées au corps de la fraise de manière incrustée.

3.3 Fraise indexable

Fraises qui utilisent des plaquettes de coupe remplaçables qui peuvent être tournées ou retournées pour utiliser de nouvelles arêtes de coupe.

3.4 Désignation

Combinaison de codes normalisée utilisée pour identifier les caractéristiques des fraises.

4. Symboles et abréviations

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

d : Diamètre (mm).

l : Longueur totale (mm).

HSS : Acier rapide.

WC : Carbure de tungstène.

5. Système de désignation

5.1 Composition du code

Le code de la fraise se compose des parties suivantes, classées par ordre :

Code de type : Identifie le type de structure de la fraise.

Code de taille : Identifie le diamètre et la longueur.

Code matériau : Identifie le type de matériau.

Code supplémentaire : Facultatif, pour applications ou revêtements spéciaux.

5.2 Code de type

S : Solide.

T : Dent insérable.

I : Indexable.

5.3 Code de taille

Format : [diamètre]×[longueur].

Exemple : 10×60 signifie un diamètre de 10 mm et une longueur de 60 mm.

Les tolérances sont conformes à la norme GB/T 5231.

5.4 Code du matériau

HSS : Acier rapide.

WC : Alliage dur.

HSS-Co : Acier rapide contenant du cobalt.

TiN : Revêtement en nitrure de titane (supplémentaire).

5.5 Code supplémentaire

R : Ébauche.

F : Finition.

H : Convient aux pièces à haute dureté.

6. Exemples de désignation

6.1 Fraise intégrale

S-10×60-HSS : fraise monobloc en acier rapide de 10 mm de diamètre, 60 mm de longueur.

S-20×100-WC-TiN : fraise monobloc en carbure de 20 mm de diamètre, 100 mm de longueur avec revêtement TiN.

6.2 Fraise à dents insérées

T-12×80-HSS-Co : fraise à plaquettes en acier rapide contenant du cobalt, diamètre 12 mm, longueur 80 mm.

T-25×150-WC-R : fraise à plaquettes en carbure de 25 mm de diamètre, 150 mm de longueur, adaptée à l'usinage grossier.

6.3 Fraise indexable

I-16×90-WC-F : Fraise indexable en carbure de 16 mm de diamètre, 90 mm de longueur, adaptée à

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

la finition.

I-30×120-WC-H : fraise indexable en carbure de 30 mm de diamètre, 120 mm de longueur, adaptée aux pièces à haute dureté.

7. Exigences de marquage

Le code doit être clairement indiqué sur le corps de la fraise ou sur l'emballage.

Hauteur de police : ≥ 2 mm.

Méthode de marquage : Gravure laser ou impression jet d'encre.

8. Règles d'inspection

8.1 Vérification de la cohérence du code

Le code de vérification est cohérent avec les paramètres techniques réels.

Taux d'échantillonnage : 5% (minimum 1 pièce).

8.2 Vérification des dimensions et des matériaux

Le contrôle des dimensions et des matériaux doit être effectué conformément à la norme GB/T 5231.

9. Emballage et stockage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Environnement de stockage : Température 5-30°C, humidité $\leq 60\%$.

10. Directives de candidature

Le type intégral convient à l'usinage de petit diamètre et de haute précision.

Le type d'insert convient à la coupe de charges moyennes.

Le type indexable convient au traitement de grand diamètre ou à haute efficacité.

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez les abus dus à des noms de code incorrects.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence du code

Code de type	Type de structure	Exemples de matériaux	Exemples de code supplémentaires
S	Monolithique	HSS, WC	TiN, R
T	Denté	HSS-Co, WC	F, H
je	Indexable	toilettes	F, H

Annexe B (normative) - Gammes de tailles

Plage de diamètres (mm)	Plage de longueur (mm)	Degré de tolérance
3-10	40-100	h6
12-25	80-200	h7
30-50	100-300	h7

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

13. Index

Fraise Système de code Monolithique Denté Indexable

14. Informations de publication

Date de publication : 15 juin 2020. **Date d'entrée en vigueur** : 1er janvier 2021.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC).

Langue : chinois, anglais.

Norme nationale chinoise GB/T 25664-2010

GB/T 25664-2010

- Exigences de sécurité pour les fraises à grande vitesse — Exigences de sécurité

1. Portée

Cette norme spécifie les exigences de sécurité relatives aux fraises à grande vitesse (applicables aux fraises dont la vitesse de coupe est supérieure à 50 m/s), y compris les spécifications de sécurité relatives à la conception, à la fabrication, à l'installation, à l'utilisation et à la maintenance. Elle s'applique aux fraises monoblocs, à plaquettes ou indexables, en acier rapide (HSS) ou en carbure cémenté (WC), et vise à réduire les risques d'accidents en cours d'utilisation. Elle ne s'applique pas aux applications autres que celles à grande vitesse ni aux outils non coupants.

1.1 Champ d'application

Pour fraises à coupe rapide avec vitesses de coupe > 50 m/s.

Couvre les exigences de sécurité pour la conception, la fabrication, l'installation, l'utilisation et la maintenance.

1.2 Exclusions

Fraises conventionnelles avec vitesses de coupe ≤ 50 m/s.

Outils non coupants.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 5231-2019, *Outils coupants — Conditions techniques générales*.

GB/T 16665-2017, *Métaux durs — Exigences techniques et méthodes d'essai*.

ISO 15641:2001, *Fraises pour usinage à grande vitesse — Exigences de sécurité*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise à grande vitesse

Les fraises avec des vitesses de coupe supérieures à 50 m/s sont généralement utilisées pour des opérations de coupe de métal efficaces.

3.2 Performances de sécurité

La capacité à prévenir les blessures corporelles ou les dommages matériels pendant le fonctionnement.

3.3 Ténacité à la rupture

La capacité d'un matériau à résister à la croissance des fissures, généralement exprimée en K_{Ic} .

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

4. Symboles et abréviations

V_c : Vitesse de coupe (m/s).

d : Diamètre (mm).

HSS : Acier rapide.

WC : Carbure de tungstène.

K_{1c} : Ténacité à la rupture (MPa·m^{1/2}).

5. Exigences techniques

5.1 Exigences matérielles

Dureté : HSS HRC 62-66, WC HV 1200-1800.

Ténacité à la rupture : K_{1c} ≥ 10 MPa·m^{1/2} (WC), K_{1c} ≥ 8 MPa·m^{1/2} (HSS).

Résistance à la fatigue : Limite de fatigue ≥ 800 MPa.

5.2 Exigences de conception

Grade d'équilibre : G2.5 (selon ISO 1940-1).

Vitesse maximale : Calculée en fonction du diamètre, V_c ≤ 100 m/s.

Résistance de la lame : résistance à la traction ≥ 1000 MPa.

5.3 Exigences de fabrication

Rugosité de surface : Ra ≤ 1,2 μm (partie coupante), Ra ≤ 0,6 μm (tige).

Traitement thermique : Trempe (HSS) ou frittage (WC), contrainte résiduelle ≤ 200 MPa.

6. Exigences de sécurité

6.1 Sécurité de conception

Conception anti-écaillage : rayon de la pointe de la lame de 0,2 à 1,0 mm.

Protection contre la survitesse : coupe automatiquement l'alimentation lorsque la vitesse dépasse la valeur de conception de 20 %.

Test d'équilibre : Erreur d'équilibre dynamique ≤ 2 g·mm/kg.

6.2 Sécurité de l'installation

Force de serrage : Force de serrage minimale ≥ 10 kN (ajustée au diamètre).

Coaxialité : Après installation, l'erreur de coaxialité est ≤ 0,01 mm.

Conception anti-desserrage : utilisez un contre-écrou ou une rainure de clavette.

6.3 Sécurité d'utilisation

Protection de l'opérateur : Porter des lunettes de protection, des gants résistants aux coupures et des bouchons d'oreilles.

Restrictions des paramètres de coupe : V_c ≤ 100 m/s, vitesse d'avance ≤ 0,5 mm/dent.

Exigences environnementales : Débit du fluide de coupe ≥ 15 L/min, température ≤ 50°C.

6.4 Maintien de la sécurité

Contrôle périodique : Vérifier mensuellement que la largeur de la bande d'usure (VB) est ≤ 0,3 mm.

Critères de remplacement : Remplacer lorsque VB > 0,3 mm ou que le corps de la fraise est fissuré.

Élimination : Recycler ou détruire en toute sécurité pour éviter les blessures causées par les débris.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. Méthodes d'essai

7.1 Test d'équilibre

Outils : Machine à équilibrer dynamique.

Norme : Selon la norme ISO 1940-1, grade G2.5.

Précision : $\leq 2 \text{ g} \cdot \text{mm/kg}$.

7.2 Essai de ténacité à la rupture

Méthode : Méthode de la poutre entaillée à bord unique (SENB).

Précision : $\pm 0,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Norme de référence : GB/T 16665.

7.3 Test de durabilité

Conditions : Acier (HB 200), Vc 80 m/s, fn 0,2 mm/dent, ap 2 mm.

Procédure : Couper en continu pendant 20 min et mesurer VB.

Critères de jugement : Pas d'écaillage, VB $\leq 0,3 \text{ mm}$.

Norme de référence : Selon la norme ISO 15641.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la composition chimique des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Essais d'équilibre, de ténacité à la rupture et de durabilité (taux d'échantillonnage 5%).

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Code de marquage (tel que HS-10×60-WC) et avertissements de sécurité.

Exemple : GB/T 25664-HS-10×60-WC (Vc max. : 100 m/s).

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant aux chocs et à l'humidité, accompagné d'instructions de sécurité.

10. Directives de candidature

Assurez-vous que la rigidité de la broche de la machine-outil est $\geq 50 \text{ N}/\mu\text{m}$.

Calibrez régulièrement les équipements d'équilibrage et de surveillance de la vitesse.

11. Prévention des incidents de sécurité

Installez un couvercle de protection pour éviter les débris volants.

Former les opérateurs à reconnaître les signes de survitesse ou de surchauffe.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des paramètres de sécurité

Diamètre (mm)	Vitesse maximale (tr/min)	Niveau d'équilibre	Force de serrage (kN)
10	30000	G2.5	10

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

20	15000	G2.5	15
40	7500	G2.5	25

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/s)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	50-80	0,1-0,3	1-3
alliage d'aluminium	80-100	0,2-0,5	1-5
Acier inoxydable	50-70	0,1-0,2	1-2

13. Index

Fraise à grande vitesse

Exigences de sécurité

Concevoir pour la sécurité

Utilisation sûre

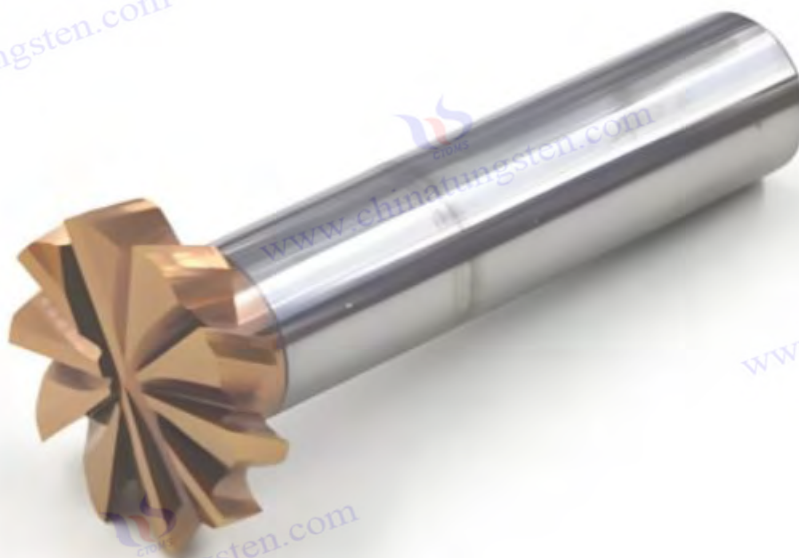
14. Informations de publication

Date de sortie : 1er juin 2010.

Date d'entrée en vigueur : 1er janvier 2011.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC).

Langue : chinois, anglais.



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

Norme nationale chinoise GB/T 6122-2017

GB/T 6122-2017 -

Fraises à arrondir les angles

1. Portée

Cette norme spécifie les dimensions, la forme, les exigences de fabrication, les spécifications de performance et les conditions d'utilisation des fraises à coins arrondis (fraise utilisée pour l'usinage des coins arrondis des arêtes de pièces). Elle s'applique aux fraises à coins arrondis, à dents intégrées ou à plaquettes, en acier rapide (HSS) ou en carbure cémenté (WC), largement utilisées dans l'usinage des métaux. Elle ne convient pas aux outils non coupants ni à l'usinage de coins non arrondis.

1.1 Champ d'application

Convient aux fraises à rayon d'angle en acier rapide ou en carbure.

Couvre les dimensions, les exigences de fabrication et d'utilisation.

1.2 Exclusions

Outils non coupants.

Fraise pour applications sans arrondi d'angle.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 5231-2019, *Outils coupants — Conditions techniques générales*.

GB/T 16665-2017, *Métaux durs — Exigences techniques et méthodes d'essai*.

ISO 5609:1999, *Queues d'outils à cône 7/24 pour changements d'outils automatiques*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise à arrondir les coins

Une fraise avec un rayon d'angle spécifique utilisée pour arrondir ou chanfreiner les bords d'une pièce.

3.2 Rayon d'angle

Le rayon de l'arc du bord de la partie coupante de la fraise, en mm.

3.3 Conditions d'application

Les paramètres de coupe et les exigences environnementales de la fraise d'angle pendant le processus d'usinage.

4. Symboles et abréviations

R : Rayon d'angle (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

d : Diamètre (mm).

l : Longueur totale (mm).

HSS : Acier rapide.

WC : Carbure de tungstène.

5. Exigences techniques

5.1 Dimensions et tolérances

Gamme de diamètres : 6 mm à 40 mm.

Rayon d'angle (R) : 1 mm à 10 mm (valeurs standard : 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 mm).

Gamme de longueur : 50 mm à 150 mm.

Tolérance : diamètre h6 (6-10 mm) ou h7 (12-40 mm), longueur $\pm 0,2$ mm.

5.2 Exigences matérielles

Acier rapide (HSS) : Dureté HRC 62-66, résistance à la chaleur $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Carbure cémenté (WC) : Dureté HV 1200-1800, ténacité à la rupture $K_{IC} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Revêtement : TiN ou TiAlN, épaisseur 1-3 μm .

5.3 Paramètres géométriques

Angle de déviation principal : 5° - 15° .

Angle d'hélice : 15° - 30° (ajustable selon diamètre).

Rugosité de surface : $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ (partie coupante), $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ (tige).

6. Processus de fabrication

6.1 Préparation du matériel

Acier rapide : forgé ou laminé, recuit.

Carbure cémenté : métallurgie des poudres, pression de pressage 150-200 MPa.

6.2 Flux de traitement

Usinage d'ébauche : tournage ou fraisage.

Finition : Rectification CNC, tolérance de rayon d'angle $\pm 0,05$ mm.

Traitement thermique : Trempe (HSS) ou frittage (WC), température 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Revêtement

Procédé PVD, température 450-500 $^{\circ}\text{C}$, force de liaison > 70 MPa.

7. Méthodes d'essai

7.1 Dimensions et tolérances

Outils : Machine à mesurer tridimensionnelle.

Précision : $\pm 0,01$ mm.

Norme de référence : Selon GB/T 5231.

7.2 Essai de dureté

Outils : Duromètre Vickers, charge 30 kg.

Précision : ± 20 HV.

Norme de référence : Selon GB/T 16665.

7.3 Test de durabilité

Conditions : Acier (HB 200), V_c 50 m/min, f_n 0,1 mm/dent, a_p 1 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Procédure : Couper en continu pendant 30 min et mesurer la largeur de la bande d'usure (VB).

Critères de jugement : $VB \leq 0,3 \text{ mm}$.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la composition chimique des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Dimensions, tolérances, essais de dureté.

Test de durabilité (taux d'échantillonnage 5%).

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Marquez le code (tel que CR-10-R2-HSS) et le rayon du congé.

Exemple : GB/T 6122-CR-10-R2-HSS.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de fabrication et de test.

10. Spécifications de l'application

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe (V_c) : 20-100 m/min (ajustable selon le matériau).

Vitesse d'avance (f_n) : 0,05-0,3 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,5-2 mm.

10.2 Exigences de refroidissement

Fluide de coupe recommandé, débit $\geq 10 \text{ L/min}$.

La coupe à sec est limitée aux charges légères et à une durée $\leq 10 \text{ min}$.

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez de couper en surcharge pour éviter l'écaillage de l'outil.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des dimensions

Diamètre (mm)	Rayon d'angle (R, mm)	Longueur (mm)	Degré de tolérance
6	1-2	50-80	h6
12	2-4	80-120	h7
25	4-10	100-150	h7

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

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

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	50-80	0,1-0,2	0,5-1,5
alliage d'aluminium	80-100	0,2-0,3	0,5-2
fonte	60-90	0,1-0,25	0,5-1,5

13. Index

Fraise d'angle

Exigences techniques

Directives d'utilisation

Tolérance dimensionnelle

14. Informations de publication

Date de sortie : 30 juin 2017.

Date d'entrée en vigueur : 1er janvier 2018.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC).

Langue : chinois, anglais.



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

Norme nationale chinoise GB/T 1127-2023

Fraises à rainurer demi-rondes

1. Portée

Cette norme spécifie les dimensions, la forme, les exigences de fabrication, les spécifications de performance et les conditions d'utilisation des fraises à rainures de clavette semi-circulaires (fraises spéciales utilisées pour l'usinage de rainures de clavette semi-circulaires). Elle s'applique aux fraises à rainures de clavette semi-circulaires en acier rapide (HSS) ou en carbure cémenté (WC), principalement utilisées pour l'usinage de rainures de clavette sur des pièces de transmission mécanique (telles que des arbres et des moyeux). Elle ne convient pas aux outils non coupants ni aux applications de rainures de clavette non semi-circulaires.

1.1 Champ d'application

Pour fraises à rainures semi-circulaires en acier rapide ou en carbure.

Couvre les dimensions, les exigences de fabrication et d'utilisation.

1.2 Exclusions

Outils non coupants.

Fraise pour l'usinage de rainures de clavette non semi-circulaires.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 5231-2019, *Outils coupants — Conditions techniques générales*.

GB/T 16665-2017, *Métaux durs — Exigences techniques et méthodes d'essai*.

ISO 3338-1:2012, *Fraises à clavette — Partie 1 : Dimensions générales*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise à rainurer demi-ronde

Une fraise avec un tranchant semi-circulaire utilisée pour usiner une rainure de clavette semi-circulaire pour accueillir une clavette semi-circulaire.

3.2 Largeur de la rainure de clavette

La largeur de la partie coupante d'une fraise à rainure semi-circulaire correspond à la taille réelle de la rainure.

3.3 Conditions d'application

Paramètres de coupe et exigences environnementales des fraises à clavette semi-circulaires pendant l'usinage.

4. Symboles et abréviations

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

W : Largeur de la rainure de clavette (mm).

d : Diamètre (mm).

l : Longueur totale (mm).

HSS : Acier rapide.

WC : Carbure de tungstène.

5. Exigences techniques

5.1 Dimensions et tolérances

Gamme de diamètres : 4 mm à 25 mm.

Largeur de la rainure de clavette (W) : 1 mm à 8 mm (valeurs standard : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 mm).

Gamme de longueur : 40 mm à 120 mm.

Tolérance : diamètre h6 (4-10 mm) ou h7 (12-25 mm), largeur $\pm 0,02$ mm.

5.2 Exigences matérielles

Acier rapide (HSS) : Dureté HRC 62-66, résistance à la chaleur $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Carbure cémenté (WC) : Dureté HV 1200-1800, ténacité à la rupture $K_{1c} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Revêtement : TiN ou AlTiN, épaisseur 1-3 μm .

5.3 Paramètres géométriques

Rayon du tranchant : correspond à la largeur de la rainure de clavette, tolérance $\pm 0,01$ mm.

Angle d'hélice : 10° - 20° (ajustable selon diamètre).

Rugosité de surface : $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ (partie coupante), $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ (tige).

6. Processus de fabrication

6.1 Préparation du matériel

Acier rapide : forgé ou laminé, recuit.

Carbure cémenté : métallurgie des poudres, pression de pressage 150-200 MPa.

6.2 Flux de traitement

Usinage d'ébauche : tournage ou fraisage.

Finition : Rectification CNC, tolérance de largeur de clavette $\pm 0,02$ mm.

Traitement thermique : Trempe (HSS) ou frittage (WC), température 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Revêtement

Procédé PVD, température 450-500 $^{\circ}\text{C}$, force de liaison > 70 MPa.

7. Méthodes d'essai

7.1 Dimensions et tolérances

Outils : Machine à mesurer tridimensionnelle.

Précision : $\pm 0,01$ mm.

Norme de référence : Selon GB/T 5231.

7.2 Essai de dureté

Outils : Duromètre Vickers, charge 30 kg.

Précision : ± 20 HV.

Norme de référence : Selon GB/T 16665.

7.3 Test de durabilité

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Conditions : Acier (HB 200), Vc 40 m/min, fn 0,1 mm/dent, ap 1 mm.

Procédure : Couper en continu pendant 30 min et mesurer la largeur de la bande d'usure (VB).

Critères de jugement : $VB \leq 0,3$ mm.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la composition chimique des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Dimensions, tolérances, essais de dureté.

Test de durabilité (taux d'échantillonnage 5%).

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Marquez le code (tel que HK-6-W2-HSS) et la largeur de la rainure de clavette.

Exemple : GB/T 1127-HK-6-W2-HSS.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de fabrication et de test.

10. Spécifications de l'application

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe (Vc) : 20-80 m/min (ajustable selon le matériau).

Vitesse d'avance (fn) : 0,05-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,5-1,5 mm.

10.2 Exigences de refroidissement

Fluide de coupe recommandé, débit ≥ 10 L/min.

La coupe à sec est limitée aux charges légères et à une durée ≤ 10 min.

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez de couper en surcharge pour éviter l'écaillage de l'outil.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des dimensions

Diamètre (mm)	Largeur de la rainure de clavette (W, mm)	Longueur (mm)	Degré de tolérance
4	1-2	40-60	h6
10	2-4	60-90	h6
20	4-8	90-120	h7

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

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	40-60	0,05-0,15	0,5-1
alliage d'aluminium	60-80	0,1-0,2	0,5-1,5
fonte	50-70	0,05-0,15	0,5-1

13. Index

Fraise à rainurer demi-ronde

Exigences techniques

Directives d'utilisation

Tolérance dimensionnelle

14. Informations de publication

Date de sortie : 15 juin 2023.

Date d'entrée en vigueur : 1er janvier 2024.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC).

Langue : chinois, anglais.



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

Norme nationale chinoise GB/T 20773-2006

GB/T 20773-2006 -

Fraises pour matrices et moules

1. Portée

Cette norme spécifie les dimensions, la forme, les exigences de fabrication, les spécifications de performance et les conditions d'utilisation des fraises à mouler (fraises spécialement utilisées pour l'usinage des moules et des matrices). Elle s'applique aux fraises à mouler intégrales ou indexables en acier rapide (HSS) ou en carbure cémenté (WC), principalement utilisées pour la fabrication et la finition de moules de précision. Elle ne convient pas aux outils non coupants ni à l'usinage hors moules.

1.1 Champ d'application

Convient aux fraises à mouler en acier rapide ou en carbure.

Couvre les dimensions, les exigences de fabrication et d'utilisation.

1.2 Exclusions

Outils non coupants.

Fraises non destinées au traitement des moules.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 5231-2019, *Outils coupants — Conditions techniques générales*.

GB/T 16665-2017, *Métaux durs — Exigences techniques et méthodes d'essai*.

ISO 5609:1999, *Queues d'outils à cône 7/24 pour changements d'outils automatiques*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise pour matrices et moules

Fraises conçues pour l'usinage de moules et de matrices avec une haute précision et des géométries complexes.

3.2 Nombre de dents

Le nombre d'arêtes de coupe des fraises à mouler affecte l'efficacité du traitement et la qualité de la surface.

3.3 Conditions d'application

Paramètres de coupe et exigences environnementales des fraises à moules pendant le traitement.

4. Symboles et abréviations

d : Diamètre (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

L : Longueur totale (mm).

Z : Nombre de dents.

HSS : Acier rapide.

WC : Carbure de tungstène.

5. Exigences techniques

5.1 Dimensions et tolérances

Gamme de diamètres : 3 mm à 20 mm.

Gamme de longueur : 50 mm à 150 mm.

Tolérance : diamètre h6 (3-10 mm) ou h7 (12-20 mm), longueur $\pm 0,2$ mm.

Nombre de lames (Z) : 2-6 (ajustable selon diamètre).

5.2 Exigences matérielles

Acier rapide (HSS) : Dureté HRC 62-66, résistance à la chaleur $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Carbure cémenté (WC) : Dureté HV 1300-1800, ténacité à la rupture $K_{IC} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Revêtement : TiN, TiAlN ou AlCrN, épaisseur 1-3 μm .

5.3 Paramètres géométriques

Angle de déviation principal : 5° - 15° .

Angle d'hélice : 20° - 40° (ajusté en fonction du matériau traité).

Rugosité de surface : $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ (partie coupante), $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ (tige).

6. Processus de fabrication

6.1 Préparation du matériel

Acier rapide : forgé ou laminé, recuit.

Carbure cémenté : métallurgie des poudres, pression de pressage 150-200 MPa.

6.2 Flux de traitement

Usinage d'ébauche : tournage ou fraisage.

Finition : Rectification CNC, tolérance $\pm 0,01$ mm.

Traitement thermique : Trempe (HSS) ou frittage (WC), température 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Revêtement

Procédé PVD, température 450-500 $^{\circ}\text{C}$, force de liaison > 70 MPa.

7. Méthodes d'essai

7.1 Dimensions et tolérances

Outils : Machine à mesurer tridimensionnelle.

Précision : $\pm 0,01$ mm.

Norme de référence : Selon GB/T 5231.

7.2 Essai de dureté

Outils : Duromètre Vickers, charge 30 kg.

Précision : ± 20 HV.

Norme de référence : Selon GB/T 16665.

7.3 Test de durabilité

Conditions : Acier (HB 200), V_c 60 m/min, f_n 0,1 mm/dent, a_p 0,5 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

Procédure : Couper en continu pendant 30 min et mesurer la largeur de la bande d'usure (VB).

Critères de jugement : $VB \leq 0,3 \text{ mm}$.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la composition chimique des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Dimensions, tolérances, essais de dureté.

Test de durabilité (taux d'échantillonnage 5%).

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Marquez le code (par exemple MD-6-Z4-WC) et le nombre de lames.

Exemple : GB/T 20773-MD-6-Z4-WC.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de fabrication et de test.

10. Spécifications de l'application

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe (Vc) : 30-120 m/min (ajustable selon le matériau).

Vitesse d'avance (fn) : 0,05-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,2-1 mm.

10.2 Exigences de refroidissement

Fluide de coupe recommandé, débit $\geq 10 \text{ L/min}$.

La coupe à sec est limitée aux charges légères et à une durée $\leq 10 \text{ min}$.

11. Exigences de sécurité

Porter des lunettes de protection et des gants lors de la manipulation.

Évitez de couper en surcharge pour éviter l'écaillage de l'outil.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des dimensions

Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Nombre de lames (Z)	Degré de tolérance
3	50-80	2-3	h6
10	80-120	3-4	h6
20	100-150	4-6	h7

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

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

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	60-80	0,05-0,15	0,2-0,5
alliage d'aluminium	80-120	0,1-0,2	0,2-1
Acier moulé	50-70	0,05-0,1	0,2-0,5

13. Index

Fraise à mouler

Exigences techniques

Directives d'utilisation

Tolérance dimensionnelle

14. Informations de publication

Date de sortie : 1er juin 2006.

Date d'entrée en vigueur : 1er janvier 2007.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC).

Langue : chinois, anglais.



Norme nationale chinoise GB/T 14301-2008

GB/T 14301-2008 -

Fraises à lame de scie en carbure monobloc

1. Portée

La présente norme spécifie les dimensions, la forme, les exigences de fabrication, les spécifications de performance et les conditions d'utilisation des fraises à lames de scie en carbure monobloc (fraises en carbure monobloc à arêtes de coupe dentelées). Elle s'applique aux fraises à lames de scie en carbure monobloc, principalement utilisées pour le rainurage, la découpe et le taillage de matériaux métalliques et non métalliques. Elle ne s'applique pas aux outils non coupants ni aux structures non en carbure monobloc.

1.1 Champ d'application

Convient aux fraises à lame de scie en carbure monobloc.

Couvre les dimensions, les exigences de fabrication et d'utilisation.

1.2 Exclusions

Outils non coupants.

Fraise à structure en carbure non solide.

2. Références normatives

Les documents listés ci-dessous font partie intégrante de la présente norme par référence. Seule la version à une date donnée s'applique à la présente norme. Sauf indication contraire, toute révision ou modification ultérieure ne s'applique pas à la présente norme.

GB/T 5231-2019, *Outils coupants — Conditions techniques générales*.

GB/T 16665-2017, *Métaux durs — Exigences techniques et méthodes d'essai*.

ISO 6987:2012, *Plaquettes indexables en matériaux durs à coins arrondis*.

Remarque : La dernière version du document référencé peut être mise à jour après publication. Il est recommandé de consulter la Plateforme nationale d'information sur les normes pour obtenir les informations les plus récentes.

3. Termes et définitions

Aux fins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Fraise à lame de scie en carbure monobloc

Fraises entièrement en carbure avec arêtes de coupe dentelée pour le rainurage et l'enlèvement de matière.

3.2 Nombre de dents

Le nombre de dents de coupe sur une fraise à lame de scie affecte l'efficacité du traitement et la qualité de la surface.

3.3 Conditions d'application

Paramètres de coupe et exigences environnementales des fraises à lame de scie pendant le traitement.

4. Symboles et abréviations

d : Diamètre (mm).

l : Longueur totale (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

Z : Nombre de dents.

WC : Carbure de tungstène.

5. Exigences techniques

5.1 Dimensions et tolérances

Gamme de diamètres : 2 mm à 25 mm.

Plage d'épaisseur : 0,5 mm à 3 mm.

Gamme de longueur : 40 mm à 120 mm.

Tolérance : diamètre h6 (2-10 mm) ou h7 (12-25 mm), épaisseur $\pm 0,02$ mm.

Nombre de dents (Z) : 4-20 (ajustable selon le diamètre).

5.2 Exigences matérielles

Carbure cémenté (WC) : Dureté HV 1300-1800, ténacité à la rupture $K_{IC} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Revêtement : TiN, TiAlN ou AlCrN, épaisseur 1-3 μm .

5.3 Paramètres géométriques

Angle des dents : 5° - 15° (ajusté en fonction du matériau de traitement).

Angle d'hélice : 0° - 30° (dents droites ou hélicoïdales disponibles).

Rugosité de surface : $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ (partie coupante), $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ (tige).

6. Processus de fabrication

6.1 Préparation du matériel

Carbure cémenté : métallurgie des poudres, pression de pressage 150-200 MPa.

6.2 Flux de traitement

Usinage d'ébauche : tournage ou fraisage.

Finition : Rectification CNC, tolérance du profil des dents $\pm 0,01$ mm.

Traitement thermique : Frittage, température 1350-1450°C.

6.3 Revêtement

Procédé PVD, température 450-500°C, force de liaison $> 70 \text{ MPa}$.

7. Méthodes d'essai

7.1 Dimensions et tolérances

Outils : Machine à mesurer tridimensionnelle.

Précision : $\pm 0,01$ mm.

Norme de référence : Selon GB/T 5231.

7.2 Essai de dureté

Outils : Duromètre Vickers, charge 30 kg.

Précision : $\pm 20 \text{ HV}$.

Norme de référence : Selon GB/T 16665.

7.3 Test de durabilité

Conditions : Acier (HB 200), V_c 80 m/min, f_n 0,1 mm/dent, a_p 0,5 mm.

Procédure : Couper en continu pendant 30 min et mesurer la largeur de la bande d'usure (VB).

Norme de jugement : $VB \leq 0,3 \text{ mm}$.

Norme de référence : Selon la norme ISO 8688-1.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. Règles d'inspection

8.1 Inspection d'usine

Contrôle de la dureté et de la composition chimique des matières premières.

8.2 Inspection d'usine

Dimensions, tolérances, essais de dureté.

Test de durabilité (taux d'échantillonnage 5%).

9. Marquage et emballage

9.1 Logo

Marquez le code (tel que SC-10-Z10-WC) et le nombre de dents.

Exemple : GB/T 14301-SC-10-Z10-WC.

9.2 Emballage

Utilisez un emballage résistant à l'humidité et aux chocs.

Livré avec un certificat de fabrication et de test.

10. Spécifications de l'application

10.1 Données de coupe

Vitesse de coupe (Vc) : 50-150 m/min (ajustable selon le matériau).

Vitesse d'avance (fn) : 0,05-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe : 0,2-1 mm.

10.2 Exigences de refroidissement

Fluide de coupe recommandé, débit ≥ 10 L/min.

La coupe à sec est limitée aux charges légères et à une durée ≤ 10 min.

11. Exigences de sécurité

Portez des lunettes et des gants de protection lors de l'utilisation.

Évitez de surcharger et de couper pour éviter l'écaillage de l'outil.

12. Annexe

Annexe A (informative) - Tableau de référence des dimensions

Diamètre (mm)	Épaisseur (mm)	Longueur (mm)	Nombre de dents (Z)	Degré de tolérance
2	0,5-1	40-60	4-6	h6
10	1-2	60-90	8-12	h6
25	2-3	90-120	12-20	h7

Annexe B (normative) - Tableau des conditions d'utilisation

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (Vc, m/min)	Vitesse d'avance (fn, mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier (HB 200)	80-120	0,05-0,15	0,2-0,5
alliage	100-150	0,1-0,2	0,2-1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

d'aluminium			
Matériaux en bois	50-80	0,05-0,1	0,2-0,5

13. Index

Fraise à lame de scie en carbure monobloc Exigences techniques Directives d'utilisation Tolérance dimensionnelle

14. Informations de publication

Date de sortie : 1er juin 2008. **Date d'entrée en vigueur** : 1er janvier 2009.

Maintenu par : Administration de normalisation de Chine (SAC). **Langues** : chinois, anglais.

appendice:

Introduction de la matrice d'emboutissage en carbure

La matrice d'emboutissage en carbure cimenté est un outil de moulage haute performance. Elle utilise du carbure de tungstène (WC) comme matériau de base et est fabriquée grâce à une technologie avancée de métallurgie des poudres. Elle est conçue pour le formage et l'emboutissage de métaux de haute précision et haute résistance. Grâce à leur excellente dureté, leur résistance à l'usure, aux hautes températures et à la corrosion, les matrices d'emboutissage en carbure cimenté sont largement utilisées dans l'automobile, l'électronique, l'aérospatiale, la quincaillerie, les équipements médicaux et d'autres industries. Elles permettent de réaliser efficacement des processus tels que le découpage, l'étirage, le pliage et le formage, améliorant ainsi considérablement la durée de vie du moule, la précision d'usinage et l'efficacité de la production. Cet article présente en détail les performances et l'intérêt des matrices d'emboutissage en carbure cimenté : propriétés des matériaux, types et indicateurs techniques, procédés de fabrication, utilisations et scénarios d'application, avantages du produit, défis techniques et pistes d'amélioration.

1. Composition du matériau et caractéristiques des matrices d'emboutissage en carbure cimenté

1.1 Composition du matériau

La formulation des matrices d'emboutissage en carbure cimenté est précisément conçue pour atteindre l'équilibre optimal entre dureté, ténacité et résistance à la corrosion :

Phase difficile

Le carbure de tungstène (WC, 80-95 %) offre une dureté et une résistance à l'usure extrêmement élevées. 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 et la résistance à l'oxydation.

Phase adhésive

Le cobalt (Co, 515%) améliore la ténacité et la résistance aux chocs ; le nickel (Ni, 510%) est utilisé dans des formules résistantes à la corrosion, adaptées aux environnements acides ou humides.

additif

Des traces de chrome (Cr, 0,11 %), de vanadium (V, 0,05 à 0,5 %) et 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

Les performances des matrices d'emboutissage en carbure cimenté proviennent de leur microstructure optimisée et de la formulation de leur matériau :

dureté

L'acier rapide HRA 8692 (HV 12001700), bien supérieur à l'acier rapide (HSS, HRC 6065), convient à l'emboutissage de matériaux d'une dureté allant jusqu'à HRC 50.

Ténacité à la rupture

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6,510 MPa·m^{1/2}, ce qui est meilleur que le carbure cimenté ordinaire (57 MPa·m^{1/2}), et la résistance à la fracture par impact est améliorée de 30 %.

Résistance à l'usure

Le taux d'usure est de 0,010,02 mm³/N·m (ASTM G65), ce qui est 1,52 fois inférieur à celui de l'acier à matrice à haute teneur en chrome, et la durée de vie de la matrice est prolongée de 310 fois.

Résistance à la compression

4000-6000 MPa, capable de résister à une pression d'impact élevée (pression d'impact maximale jusqu'à 2000 kN).

densité

13,815,2 g/cm³, poids modéré, adapté au traitement de haute précision.

Résistance à la corrosion

Dans un environnement neutre ou légèrement acide (pH 49), la vitesse de corrosion est < 0,07 mm/an ; les formulations ou revêtements à base de nickel peuvent résister à un pH 210 avec une vitesse de corrosion < 0,05 mm/an.

Résistance à la température

La température de fonctionnement varie de 20 °C à 800 °C. La formule du revêtement résiste à une température instantanée de 1 000 °C, ce qui le rend idéal pour l'emboutissage à haute température.

1.3 Avantages de la microstructure

La matrice d'emboutissage en carbure cimenté adopte une structure à grain fin (0,52 micron) ou à grain ultra-fin (0,20,5 micron), ce qui apporte les avantages suivants :

Dureté et résistance élevées : les petits grains augmentent la densité des limites de grains, suivent l'effet Hall-Petch et améliorent la résistance à l'usure.

Excellente ténacité : le raffinement du grain disperse les contraintes, réduit le risque de propagation des fissures et améliore la résistance aux chocs de 20 à 30 %.

Stabilité de surface : réduit l'usure, maintient la surface du moule lisse et prolonge la précision et la durée de vie du traitement.

2. Types et indicateurs techniques

Il existe de nombreux types de matrices d'emboutissage en carbure cimenté, couvrant une variété de fonctions et d'utilisations. Vous trouverez ci-dessous une classification complète, des indicateurs techniques et un tableau d'utilisation (normes ISO de référence, spécifications ASTM et données du fabricant).

2.1 Types et utilisations des matrices d'emboutissage en carbure cimenté

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
matrice de découpage	Utilisé pour perforer des	Fabrication automobile (panneaux de carrosserie), électronique (cadres de	Dimensions 50300 mm, épaisseur 1050 mm,

matrice découpage	de feuilles et découper des formes ou des trous précis.	circuits imprimés), quincaillerie (joints métalliques), poinçonnage de tôles d'acier, d'acier inoxydable, d'alliages d'aluminium.	HRA 8790, durée de vie 502 millions de poinçonnages.
matrice d'étirement Matrice de dessin	Utilisé pour étirer la tôle en coupelles profondes ou en formes complexes.	Fabrication automobile (réservoirs de carburant, portières de voiture), électroménager (boîtiers métalliques), conteneurs (canettes en aluminium), emboutissage d'acier à bas carbone, d'acier inoxydable, d'alliages de cuivre.	Diamètre 20200 mm, profondeur 20100 mm, HRA 8689, durée de vie 301,5 millions de poinçonnages.
matrice de pliage matrice de pliage	Utilisé pour plier les feuilles selon des angles ou des formes spécifiques.	Fabrication automobile (supports), construction (structures en acier), électronique (châssis), plaques d'acier pliées, plaques d'aluminium, acier inoxydable.	Taille 50400 mm, angle 15°180°, HRA 8689, durée de vie 502 millions de poinçonnages.
matrice formage matrice formage	Utilisé pour former des formes de tridimensionnelles complexes.	Aérospatiale (pièces en alliage de titane), automobile (tableaux de bord), médical (boîtiers), formage d'acier inoxydable, d'alliages d'aluminium et d'alliages de magnésium.	Taille 100500 mm, HRA 8790, durée de vie 301,5 millions de poinçonnages.
Moule composé matrice composée	Intégrez plusieurs processus pour terminer plusieurs processus à la fois.	Électronique (connecteurs), automobiles (petites pièces), quincaillerie (joints complexes), traitement des plaques d'acier, des alliages de cuivre et des alliages d'aluminium.	Taille 50200 mm, HRA 8790, durée de vie 502 millions de poinçonnages.
matrice progressive matrice progressive	Traitement continu multi- stations, adapté à la production de masse.	Fabrication automobile (fixations), électronique (bornes), électroménager (accessoires métalliques), poinçonnage, pliage, formage de plaques d'acier, acier inoxydable.	Taille 2001000 mm, HRA 8790, durée de vie 1003 millions de poinçonnages.
Matrice de poinçonnage fine Matrice de découpage fin	Poinçonnage de haute précision, bords lisses sans bavures.	Fabrication automobile (engrenages, joints de roulements), électronique (pièces de précision), médical (pièces d'équipements), tôles fines d'acier découpées, acier inoxydable.	Taille 50200 mm, tolérance $\pm 0,005$ mm, HRA 8992, durée de vie 502 millions de poinçonnages.
Filière d'extrusion	Utilisé pour l'extrusion de	Aéronautique (profilés en aluminium), construction (cadres de	Diamètre 20100 mm, HRA 8689, durée de vie

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

Filière d'extrusion	métal formant des barres, des tubes ou des pièces de forme spéciale.	portes et fenêtres), automobile (raccords de tuyauterie), alliages d'aluminium extrudés, alliages de cuivre, alliages de magnésium.	201 millions de poinçonnages.
matrice de frappe à froid	Utilisé pour le frappe à froid d'éléments de fixation tels que des boulons et des écrous.	Fabrication automobile (boulons), machines de construction (fixations), machines de frappe à froid d'acier doux, d'acier inoxydable, de cuivre.	Diamètre 1050 mm, HRA 8790, durée de vie 502 millions de poinçonnages.
matrice d'emboutissage profond	Spécialement conçu pour l'emboutissage ultra-profond et le traitement de pièces à rapport hauteur/largeur élevé.	Fabrication automobile (filtre à carburant), électroménager (casseroles en acier inoxydable), médical (bidons métalliques), acier inoxydable embouti, alliage d'aluminium, cuivre.	Diamètre 20150 mm, profondeur 50200 mm, HRA 8689, durée de vie 201 millions de poinçonnages.
matrice de formage poudre	Utilisé pour le pressage et le formage de pièces de métallurgie des poudres.	Automobile (engrenages), électronique (noyaux magnétiques), aviation (pièces légères), poudre de fer pressée, poudre de cuivre et poudre de carbure cémenté.	Taille 50200 mm, HRA 8992, durée de vie 502 millions de poinçonnages.

2.2 Indicateurs techniques

taille

Longueur/largeur : 50-1000 mm (couramment utilisé 50-300 mm).

Épaisseur : 10100 mm (généralement 1050 mm).

Tolérance : $\pm 0,005$ mm (matrice d'emboutissage fin) à $\pm 0,02$ mm (matrice à usage général).

poids

0,150 kg par pièce, adapté aux poinçonneuses ou aux lignes de production automatisées.

Rugosité de surface

Ra 0,10,8 μ m, réduisant l'adhérence et le frottement de la pièce.

Degré de dureté

Norme : HRA 8689 (estampage à usage général).

Dureté élevée : HRA 8992 (découpe fine, formage de poudre).

Formule du matériau

WCCo (usage général) : Teneur en cobalt 612 %, HRA 8791, haute ténacité.

WCNi (type résistant à la corrosion) : teneur en nickel 510 %, résistant aux environnements acides

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

et alcalins.

WCTiCTaC (type haute température) : résistance à la température 8001000°C.

Paramètres d'emboutissage

Force de poinçonnage : 1002000 kN (selon le type de moule).

Vitesse de poinçonnage : 50 à 1000 fois/minute (maximum pour matrice progressive).

Épaisseur de la pièce : 0,110 mm (0,55 mm est généralement utilisé).

Traitement de surface

Polissage : Ra 0,050,4 µm, réduit la chaleur de frottement.

revêtement

TiN : Dureté HV 20002500, résistance à l'usure augmentée de 2 fois.

TiAlN : Résistant à la température jusqu'à 900°C, adapté à l'emboutissage à haute température.

AlCrSi/TiN : résistance à la température 1000°C, durée de vie prolongée 3 fois.

DLC : Coefficient de frottement 0,10,2, adapté aux alliages d'aluminium et aux alliages de cuivre.

Conformité aux normes

Système de gestion de la qualité ISO 9001.

ISO 8020 (spécifications des poinçons et matrices), ASTM B771 (test d'usure), ISO 3878 (test de dureté).

3. Procédé de fabrication d'une matrice d'emboutissage en carbure cémenté

La fabrication de matrices d'emboutissage en carbure cémenté adopte une technologie avancée de métallurgie des poudres pour garantir que les propriétés des matériaux, la précision géométrique et la qualité de surface répondent aux normes les plus élevées.

3.1 Préparation des matières premières

Du carbure de tungstène de haute pureté (WC, pureté > 99,95 %), du cobalt (Co, pureté > 99,9 %) et des additifs (tels que TiC, TaC, Cr) sont sélectionnés. La poudre est mélangée par broyage humide (alcool ou eau déionisée, broyage à boulets pendant 2472 heures), et la granulométrie moyenne est contrôlée à 0,21 micron. Du VC ou du Cr3C2 (0,1 à 0,5 %) est ajouté comme inhibiteur de grains pour empêcher la croissance des grains lors du frittage à haute température.

3.2 Formation

Pressage isostatique à froid (CIP) : La poudre est pressée dans un corps vert à une pression de 200 à 400 kg, avec une densité de 50 à 60 % de la valeur théorique.

Moulage de précision : Des moules de haute précision (tolérance ±0,1 mm) sont utilisés pour mouler des cavités ou des poinçons complexes.

Séchage par atomisation : préparer des particules fluides et améliorer l'uniformité et la résistance des corps verts.

3.3 Frittage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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%.

Contrôle du refroidissement : Refroidissement progressif (1020°C/min) pour éviter les microfissures dues aux contraintes thermiques.

3.4 Post-traitement

Rectification de précision : utilisez une meule diamantée ou un outil CBN pour traiter avec une tolérance de $\pm 0,005$ mm et une rugosité de surface Ra 0,1 à 0,8 μm .

Usinage par électroérosion (EDM) : Traitement de cavités de moules complexes avec une précision de $\pm 0,01$ mm, adapté aux matrices d'emboutissage fines et aux matrices progressives.

Renforcement de surface : sablage, polissage ou revêtement (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) pour améliorer la résistance à l'usure et la résistance à la chaleur.

Contrôle de la qualité :

Test de dureté : HRA/HV, erreur $\pm 0,5$.

Analyse microstructurale : La microscopie électronique à balayage (MEB) a été utilisée pour examiner la taille des grains (0,22 μm).

Mesure dimensionnelle : instrument de mesure tridimensionnel, précision $\pm 0,002$ mm.

Contrôle non destructif : Contrôle par ultrasons pour vérifier les défauts internes.

4. Utilisations et scénarios d'application des matrices d'emboutissage en carbure cémenté

Les matrices d'emboutissage en carbure sont largement utilisées dans les domaines et scénarios suivants en raison de leur haute précision, de leur résistance à l'usure et de leur longue durée de vie :

4.1 Fabrication automobile

Matrice de poinçonnage en carbure

Poinçonnage de panneaux de carrosserie et de supports, traitement de l'acier à faible teneur en carbone et de l'acier inoxydable, précision $\pm 0,02$ mm, durée de vie de 502 millions de fois, utilisé dans la production de portes de voiture et de capots de moteur.

matrice d'étirage en carbure

Réservoir de carburant extensible, tableau de bord, traitement en alliage d'aluminium, acier inoxydable, profondeur 50200 mm, durée de vie 301,5 millions de fois, adapté à la production en série.

Filière de frappe à froid en carbure

Boulons et écrous formés, acier à faible teneur en carbone traité, durée de vie de 502 millions de fois, utilisés dans la fabrication de fixations.

4.2 Appareils électroniques et électriques

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

matrice progressive en carbure

Traitement des connecteurs et des bornes, poinçonnage d'alliage de cuivre et d'acier inoxydable, précision $\pm 0,01$ mm, durée de vie 100 à 300 millions de fois, adapté à l'emboutissage à grande vitesse.

Matrice de poinçonnage de précision en carbure

Production de cadres de circuits imprimés, de pièces de précision et de tôles d'acier usinées avec une rugosité des bords Ra 0,2 μm et une durée de vie de 502 millions de fois. Applications : fabrication de téléphones portables et d'ordinateurs.

Matrice de formage de poudre de carbure cimenté

Pressage de noyaux magnétiques, composants électroniques, traitement de poudre de fer, poudre de cuivre, durée de vie de 502 millions de fois, adapté à la production de petites pièces.

4.3 Aérospatiale

matrice de formage en carbure

Formage de pièces en alliage de titane et en alliage d'aluminium, telles que des connecteurs d'ailes, avec une précision de $\pm 0,01$ mm, une durée de vie de 301,5 millions de fois et une résistance à la température de 800 °C.

Filière d'extrusion en carbure

Extrusion de profilés légers, traitement d'alliage de magnésium et d'alliage d'aluminium, avec une durée de vie de 201 millions de fois, utilisés dans les pièces structurelles du fuselage.

Matrice composite en carbure cimenté

Traitement de connecteurs complexes, poinçonnage + étirement de l'alliage de titane, durée de vie 502 millions de fois, adapté aux pièces de haute précision.

4.4 Matériel et construction

matrice de pliage en carbure

Pliage de plaques d'acier et de plaques d'aluminium, traitement de supports de construction et d'accessoires métalliques, avec une précision d'angle de $\pm 0,5^\circ$ et une durée de vie de 502 millions de fois, il est utilisé dans la fabrication de structures en acier, de portes et de fenêtres.

Matrice de poinçonnage en carbure

Poinçonnage de joints et de fixations métalliques, traitement de l'acier inoxydable et du cuivre, avec une durée de vie de 502 millions de fois, adapté à la production de produits matériels.

Filière d'extrusion en carbure

Tubes et profilés extrudés, alliage d'aluminium traité, durée de vie 201 millions de fois, utilisés dans la décoration des bâtiments.

4.5 Dispositifs médicaux

Matrice de poinçonnage de précision en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Traitement de pièces d'instruments chirurgicaux, poinçonnage d'acier inoxydable et d'alliage de titane, précision de $\pm 0,005$ mm, durée de vie de 502 millions de fois, utilisé dans la fabrication de vis et d'implants osseux.

matrice de formage en carbure

Formage de boîtiers médicaux, traitement d'alliage d'aluminium, acier inoxydable, rugosité de surface Ra 0,2 μm , durée de vie 301,5 millions de fois, adapté à la production de conteneurs médicaux.

Filière de frappe à froid en carbure

Micro-attaches formées, traitées en acier inoxydable, avec une durée de vie de 502 millions de cycles, utilisées dans l'assemblage de dispositifs médicaux.

5. Avantages des matrices d'emboutissage en carbure

Les matrices d'emboutissage en carbure occupent une place de choix dans l'industrie des matrices grâce à leurs excellentes performances :

Durée de vie ultra longue : la résistance à l'usure et la dureté prolongent la durée de vie de 310 fois et réduisent le coût d'emboutissage unique de 3060 %.

Traitement efficace : prend en charge l'emboutissage à grande vitesse (501 000 fois/minute) et la force de poinçonnage élevée (1 002 000 kN), et augmente l'efficacité de la production de 2050 %.

Haute précision : précision d'usinage $\pm 0,005$ mm (matrice de poinçonnage fin), rugosité de surface Ra 0,10,8 μm , répondant aux exigences élevées de l'aviation et de l'électronique.

Personnalisation flexible : Différents types (poinçonnage, emboutissage, progressif, etc.), tailles (501000 mm) et revêtements (TiN, TiAlN) pour s'adapter à différentes conditions de travail.

Adaptabilité environnementale : résistance aux hautes températures (800-1000°C), résistance à la corrosion (pH 210), adaptable aux environnements secs, humides et chimiques.

Fabrication verte : la durabilité élevée réduit les changements de moules et les déchets, conformément aux objectifs de développement durable.

6. Défis techniques et axes d'amélioration des matrices d'emboutissage en carbure cimenté

6.1 Défis techniques

Difficulté d'usinage : Le carbure cimenté présente une dureté élevée (HRA 8692), ce qui impose des exigences très élevées aux équipements et outils d'usinage. Les meules diamantées ou les outils CBN s'usent rapidement et la précision d'usinage est difficile à stabiliser (tolérance $< \pm 0,005$ mm).
Risque de fragilité : les matériaux à haute dureté peuvent produire des microfissures ou des ruptures sous une pression d'impact élevée ($> 2\ 000$ kN) ou une conception incorrecte, ce qui affectera la durée de vie.

Problèmes de gestion thermique : l'emboutissage à grande vitesse (> 500 fois/minute) génère de la chaleur de friction, ce qui peut provoquer un ramollissement de la surface du moule ou un décollement du revêtement, en particulier dans des conditions de température élevée.

Adaptabilité aux pièces complexes : Les plaques minces ($< 0,5$ mm), les aciers à haute résistance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(HRC > 50) ou les matériaux composites ont des exigences élevées en matière de géométrie du moule et de traitement de surface, et sont sujets à l'usure ou au collage.

Conditions de travail extrêmes : Sous des températures ultra-élevées (> 1000 °C) ou dans un environnement fortement acide (pH < 2), les performances des revêtements et des phases de liaison traditionnels se détériorent et la durée de vie est réduite de 50 à 70 %.

6.2 Direction d'amélioration technique des matrices d'emboutissage en carbure cémenté

Technologie de traitement avancée : Développer le micro-usinage laser et l'usinage par électro-étincelle, avec une précision augmentée à $\pm 0,003$ mm, une usure de l'outil réduite de 30 %, adaptée aux cavités de moules complexes (telles que les matrices progressives et les matrices d'emboutissage fin).

Conception à ténacité améliorée : en adoptant une structure à gradient (HRA 9092 haute dureté sur la surface, ténacité à la rupture haute ténacité > 10 MPa·m^{1/2} à l'intérieur) ou une phase de liaison composite CoNi, la résistance aux chocs est augmentée de 20 à 30 % et le risque de fissuration est réduit.

Gestion thermique efficace : Optimiser les canaux de refroidissement des moules (pression du liquide de refroidissement 510 MPa, débit 310 L/min) pour réduire la température de fonctionnement de 100 à 150 °C ; développer des revêtements adaptatifs (tels que TiAlN/AlCrSi, résistance à la température 1100 °C) pour réduire le ramollissement thermique.

Optimisation de pièces complexes : Concevoir des revêtements à faible frottement (tels que DLC, coefficient de frottement 0,10,2) et optimiser la géométrie de la cavité (rayon d'angle 0,10,5 mm) pour réduire le collage et l'usure des plaques minces ; développer des moules d'incrustation en PCD (diamant polycristallin) avec une dureté augmentée à HV 8000 et une durée de vie prolongée de 20 fois.

Adaptation aux conditions de travail extrêmes : Recherche et développement de revêtements nano multicouches (tels que AlCrSi/TiN, épaisseur 25 µm, dureté HV 3500) ou de matériaux composites à matrice céramique (WCSiC), avec une résistance à la température augmentée jusqu'à 1200°C et un taux de corrosion aux acides forts (pH 12) < 0,03 mm/an.

Conception intelligente : l'IA est utilisée pour simuler la force de poinçonnage (erreur < 5 %) et le comportement d'usure, optimiser l'angle de la cavité (écart < 0,5°) et le traitement de surface (rugosité Ra < 0,1 µm) et améliorer la stabilité du traitement ; des moules autodiagnostiques sont développés pour surveiller la température et l'usure en temps réel, prolongeant la durée de vie de 10 à 20 %.

Les matrices d'emboutissage en carbure sont devenues des outils de moulage privilégiés dans les secteurs de l'automobile, de l'électronique, de l'aérospatiale, de la quincaillerie, des équipements médicaux, etc., grâce à leur dureté élevée (HRA 8692), leur excellente ténacité (6 510 MPa·m^{1/2}) et leur durée de vie ultra-longue (203 millions d'emboutissages). Leur grande variété (matrices de poinçonnage, d'emboutissage, progressives, de poinçonnage fin, etc.) et leurs spécifications précises (tolérance $\pm 0,005$ mm, taille 50-1 000 mm) répondent à des besoins variés, du découpage de tôles

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à l'emboutissage profond. Les indicateurs techniques montrent une durée de vie 310 fois supérieure à celle des matrices en acier rapide, une augmentation de l'efficacité de production de 2 050 % et une précision d'usinage atteignant le niveau IT6/IT8.

Grâce à des procédés avancés de métallurgie des poudres et à des technologies de revêtement (comme le TiAlN et le DLC), les matrices d'emboutissage sont performantes dans des environnements difficiles, notamment à haute température (800-1000 °C) et à la corrosion (pH 210). À l'avenir, grâce au traitement laser, à l'incrustation PCD, au nano-revêtement, à l'optimisation par l'IA et à la conception intelligente, les matrices d'emboutissage en carbure cémenté amélioreront encore leurs performances et élargiront leurs possibilités d'application, contribuant ainsi au développement efficace, précis et durable de l'industrie mondiale.



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

appendice:

Introduction de la filière de tréfilage en carbure

Les filières de tréfilage en carbure sont des outils hautes performances utilisant le carbure de tungstène (WC) comme matériau de base. Fabriquées selon des procédés avancés de métallurgie des poudres, elles sont spécialement conçues pour le tréfilage de fils métalliques. Dotées d'une excellente dureté, d'une résistance à l'usure, aux hautes températures et à la corrosion, les filières de tréfilage en carbure sont largement utilisées dans les domaines des fils et câbles, des câbles métalliques, de la fabrication de ressorts, des guides médicaux, des fils pour l'aérospatiale, etc. Elles permettent d'étirer efficacement des matériaux métalliques tels que l'acier, le cuivre, l'aluminium et le titane, améliorant ainsi considérablement la qualité de surface, la précision dimensionnelle et la durée de vie du fil. Cet article présente en détail les performances et l'intérêt des filières de tréfilage en carbure : propriétés des matériaux, types et indicateurs techniques, procédés de fabrication, utilisations et scénarios d'application, avantages du produit, défis techniques et pistes d'amélioration.

1. Composition et caractéristiques des matrices de tréfilage en carbure cimenté

1.1 Composition du matériau de la filière de tréfilage en carbure cimenté

La formulation des matrices d'emboutissage en carbure est précisément conçue pour obtenir le meilleur équilibre entre dureté, ténacité et résistance à la corrosion :

Phase difficile

Le carbure de tungstène (WC, 85-95 %) offre une dureté et une résistance à l'usure extrêmement élevées. Certaines formules sont dopées au carbure de titane (TiC, 0,53 %) ou au carbure de tantale (TaC, 0,52 %) pour améliorer la stabilité à haute température et la résistance à l'oxydation.

Phase adhésive

Le cobalt (Co, 5,12 %) améliore la ténacité et la résistance aux chocs ; le nickel (Ni, 5,10 %) est utilisé dans des formules résistantes à la corrosion, adaptées aux environnements acides ou humides.

additif

Des traces de chrome (Cr, 0,10,8 %), de vanadium (V, 0,050,4 %) et de molybdène (Mo, 0,10,6 %) 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 filières de tréfilage en carbure cimenté

Les performances des filières de tréfilage en carbure cimenté proviennent de leur microstructure optimisée et de la formulation de leur matériau :

dureté

L'acier rapide HRA 8892 (HV 14001800), bien supérieur à l'acier rapide (HSS, HRC 6065), convient aux matériaux ayant une dureté à la traction jusqu'à HRC 40.

Ténacité à la rupture

6,09,0 MPa·m^{1/2}, ce qui est meilleur que le carbure cimenté ordinaire (57 MPa·m^{1/2}), et la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance à la croissance des fissures est améliorée de 25 %.

Résistance à l'usure

Le taux d'usure est de 0,0080,015 mm^3/N·m (ASTM G65), ce qui est 1,52 fois inférieur à celui de l'acier à matrice à haute teneur en chrome, et la durée de vie de la matrice est prolongée de 515 fois.

Résistance à la compression

45006500 MPa, résistant aux forces de traction élevées (force de traction maximale jusqu'à 500 kN).

densité

14,015,0 g/cm^3, poids modéré, adapté à l'usinage de précision.

Résistance à la corrosion

Dans un environnement neutre ou légèrement acide (pH 49), la vitesse de corrosion est < 0,05 mm/an ; les formulations ou revêtements à base de nickel peuvent résister à un pH 210 avec une vitesse de corrosion < 0,03 mm/an.

Résistance à la température

La température de fonctionnement est de 20°C à 700°C et la formule de revêtement peut résister à des températures instantanées de 900°C, ce qui la rend adaptée au tréfilage à haute température.

1.3 Avantages de la microstructure des filières de tréfilage en carbure cimenté

La filière de tréfilage en carbure cimenté adopte une structure à grain ultra-fin (0,20,5 micron) ou à grain fin (0,51 micron), ce qui apporte les avantages suivants :

Dureté et résistance élevées : les petits grains augmentent la densité des limites de grains, suivent l'effet Hall-Petch et améliorent la résistance à l'usure.

Excellente ténacité : le raffinement du grain disperse les contraintes, réduit le risque de propagation des fissures et améliore la résistance aux chocs de 20 à 30 %.

Stabilité de surface : réduit l'usure, maintient le trou de la matrice lisse et prolonge la qualité de surface du fil et la durée de vie de la matrice.

2. Types et indicateurs techniques des filières de tréfilage en carbure cimenté

Il existe de nombreux types de filières de tréfilage en carbure, couvrant différents types de fils et exigences de tréfilage. Vous trouverez ci-dessous une classification complète, des indicateurs techniques et un tableau d'utilisation (normes ISO, spécifications ASTM et données du fabricant).

2.1 Types et utilisations des filières de tréfilage en carbure cimenté

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
Filière de tréfilage ronde Filière à fil rond	Trou de matrice rond standard, adapté au tréfilage de fils ronds.	Fils et câbles (fils de cuivre et d'aluminium), câbles métalliques (fils d'acier à haute teneur en carbone), ressorts (cordes à piano), cuivre, aluminium et acier de	Diamètre du trou de la matrice 0,0110 mm, diamètre du corps de la matrice 20100 mm, HRA 8892, durée de vie 500-2000 tonnes de fil.

		traction.	
Filière de tréfilage de forme spéciale Filière à fil profilé	Les trous de matrice non circulaires (tels que carrés, hexagonaux et ovales) sont utilisés pour les fils de forme spéciale.	Électronique (fil plat), quincaillerie (fil d'acier carré), médical (fil guide de forme spéciale), cuivre étiré, acier inoxydable, alliage de titane.	Taille du trou de la matrice 0,18 mm, diamètre du corps de la matrice 2080 mm, HRA 8992, durée de vie 3001500 tonnes de fil.
Micro-filière de tréfilage Filière à micro-fils	Trou de filière extra petit, spécialement conçu pour le tréfilage de fils fins ou ultra-fins.	Médical (fil guide, suture), électronique (fil de cuivre ultra-fin), aéronautique (filament en alliage de titane), étirage de titane, cuivre, acier inoxydable.	Diamètre du trou de la matrice 0,0050,5 mm, diamètre du corps de la matrice 1050 mm, HRA 9092, durée de vie 100500 tonnes de fil.
matrice d'étirage plusieurs étages matrice d'étirage plusieurs étages	à Étirage continu multi-matrices, adapté à la production de masse.	Fils et câbles (âme de câble haute tension), câble d'acier (pour pneus), ressorts (fil d'acier à haute résistance), acier de traction, cuivre et aluminium.	Diamètre du trou de la matrice 0,18 mm, diamètre du corps de la matrice 50150 mm, HRA 8891, durée de vie 10003000 tonnes de fil.
filière d'étirage de tubes matrice d'étirage de tubes	Utilisé pour étirer le diamètre extérieur ou le diamètre intérieur du tuyau afin d'optimiser l'épaisseur de la paroi du tuyau.	Énergie (tuyaux en acier inoxydable), médical (cathéters), automobile (pots d'échappement), emboutissage d'acier inoxydable, de cuivre, d'alliages d'aluminium.	Diamètre du trou de la matrice 250 mm, diamètre du corps de la matrice 50120 mm, HRA 8790, durée de vie de 500 à 2000 tonnes de tuyau.
matrice d'étirage de tiges matrice d'étirage de barres	Trou de filière de grand diamètre, adapté pour étirer des tiges ou des fils épais.	Construction (barres d'armature), machines (pièces d'arbre), quincaillerie (fil d'acier épais), acier étiré à faible teneur en carbone, acier inoxydable, cuivre.	Diamètre du trou de la matrice 530 mm, diamètre du corps de la matrice 50150 mm, HRA 8790, durée de vie de la barre 5002000 tonnes.
Filière de tréfilage haute	Conception à résistante aux hautes	Aérospatiale (fil en alliage à base de nickel), énergie (fil haute température), industrie militaire (fil	Diamètre du trou de la matrice 0,15 mm, diamètre du corps de la matrice 2080 mm, HRA

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

température matrice haute température	températures, adaptée au tréfilage à haute température.	en alliage de titane), alliage de au titane étiré, alliage à base de nickel.	8992, durée de vie 3001000 tonnes de fil.
matrice composite	Conçu pour étirer les fils composites ou carbone), revêtus afin de réduire le dé laminage.	Electronique (conducteurs revêtus), fils aviation (fils composites en fibre de énergie (câbles composites), acier cuivré étiré, le matériaux composites en fibre de carbone.	Diamètre du trou de la matrice 0,15 mm, diamètre du corps de la matrice 2080 mm, HRA 8992, durée de vie 200800 tonnes de fil.

2.2 Indicateurs techniques des filières de tréfilage en carbure cémenté

Taille de la matrice d'étirage en carbure

Diamètre du trou de la matrice : 0,00550 mm (généralement utilisé 0,0110 mm).
Diamètre du fantôme : 10-150 mm (généralement utilisé 20-100 mm).
Tolérance : ±0,001 mm (micro moule) à ±0,01 mm (moule général).

Poids de la matrice d'étirage en carbure

Pièce unique pesant 0,055 kg, adaptée aux machines à tréfiler ou aux lignes de production automatisées.

Rugosité de surface de la filière de tréfilage en carbure cémenté

Trou de matrice Ra 0,050,2 µm, surface du fil Ra 0,10,4 µm.

Degré de dureté des matrices de tréfilage en carbure

Norme : HRA 8891 (dessin à usage général).
Dureté élevée : HRA 9092 (micro, étirage à haute température).

Formule du matériau de la matrice de tréfilage en carbure cémenté

WCCo (usage général) : Teneur en cobalt 510 %, HRA 8891, haute ténacité.
WCNi (type résistant à la corrosion) : teneur en nickel 510 %, résistant aux environnements acides et alcalins.
WCTiCTaC (type haute température) : résistance à la température 700-900°C.

Paramètres d'étirage des fils en carbure

Vitesse de tréfilage : 130 m/s (microfil 15 m/s, fil d'acier 1030 m/s).
Force de traction : 10500 kN (selon le diamètre du matériau et le matériau).
Taux de réduction : 1030% (étirement simple).

Traitement de surface des filières de tréfilage en carbure cémenté

Polissage : trou de matrice Ra 0,020,1 μm , réduit la chaleur de frottement.

Revêtement de matrice de tréfilage en carbure

TiN : Dureté HV 20002500, résistance à l'usure augmentée de 2 fois.

TiAlN : Résistant à des températures allant jusqu'à 900°C, adapté au tréfilage à haute température.

AlCrSi/TiN : résistance à la température 1000°C, durée de vie prolongée 3 fois.

DLC : Coefficient de frottement 0,080,15, adapté aux fils de cuivre et d'aluminium.

Conformité aux normes des filières de tréfilage en carbure

Système de gestion de la qualité ISO 9001.

ISO 1684 (spécification des matrices de tréfilage), ASTM B771 (test d'usure), ISO 3878 (test de dureté).

3. Procédé de fabrication d'une filière de tréfilage en carbure cimenté

La fabrication de matrices de tréfilage en carbure cimenté adopte une technologie avancée de métallurgie des poudres pour garantir que les performances du matériau, la précision du trou de matrice et la qualité de surface atteignent les normes les plus élevées.

3.1 Préparation des matières premières pour les filières de tréfilage en carbure cimenté

Du carbure de tungstène de haute pureté (WC, pureté > 99,95 %), du cobalt (Co, pureté > 99,9 %) et des additifs (tels que TiC, TaC, Cr) sont sélectionnés. La poudre est mélangée par broyage humide (alcool ou eau déionisée, broyage à boulets pendant 2472 heures), et la granulométrie moyenne est contrôlée à 0,20,8 micron. Du VC ou du Cr₃C₂ (0,10,4 %) est ajouté comme inhibiteur de grains pour empêcher la croissance des grains lors du frittage à haute température.

3.2 Formage par tréfilage de fils en carbure

Pressage isostatique à froid (CIP) : La poudre est pressée dans un corps vert à 200-400 MPa avec une densité de 50-60 % de la valeur théorique.

Moulage de précision : des moules de haute précision (tolérance $\pm 0,05$ mm) sont utilisés pour former le corps du moule et le trou initial du moule.

Séchage par atomisation : préparer des particules fluides et améliorer l'uniformité et la résistance des corps verts.

3.3 Frittage de filières de tréfilage en carbure cimenté

Pré-frittage : 900/1100°C, pour éliminer les additifs organiques.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 1350/1450°C, 100/200 MPa, environnement argon, frittage pendant 23 heures, densité 99,8/100%.

Contrôle du refroidissement : Refroidissement progressif (1015°C/min) pour éviter les microfissures dues aux contraintes thermiques.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.4 Post-traitement des filières de tréfilage en carbure cémenté

Rectification de précision : utilisez une meule diamantée pour traiter le trou de matrice avec une tolérance de $\pm 0,001$ mm et une rugosité de surface de Ra 0,05 à 0,2 μm .

Traitement laser : affinez la forme du trou du moule (rond, forme spéciale), avec une précision de $\pm 0,0005$ mm, adapté aux micro-moules.

Polissage : Polissage ultra-précis, trou de filière Ra 0,020,1 μm , optimise la qualité de surface du fil.

Renforcement de surface : les revêtements (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) améliorent la résistance à l'usure et la résistance à la chaleur.

Contrôle de la qualité :

Test de dureté : HRA/HV, erreur $\pm 0,5$.

Analyse microstructurale : La microscopie électronique à balayage (MEB) a été utilisée pour examiner la taille des grains (0,2 à 0,8 μm).

Mesure dimensionnelle : instrument de mesure optique, précision $\pm 0,0005$ mm.

Contrôle non destructif : Contrôle par ultrasons pour vérifier les défauts internes.

4. Utilisations et scénarios d'application des filières de tréfilage en carbure cémenté

Les filières de tréfilage en carbure sont largement utilisées dans les domaines et scénarios suivants en raison de leur haute précision, de leur résistance à l'usure et de leur longue durée de vie :

4.1 Fil et câble de tréfilage en carbure

Filière de tréfilage en carbure, filière de tréfilage ronde

L'étirement des conducteurs en cuivre et en aluminium pour produire des câbles d'alimentation et des lignes de communication, avec une précision de diamètre de fil de $\pm 0,002$ mm et une durée de vie de 500 à 2 000 tonnes, est utilisé dans la fabrication de câbles haute tension et de câbles réseau.

Filière de tréfilage en carbure, filière de tréfilage à plusieurs étages

Étirez en continu du fil de cuivre fin et traitez du fil ultra-fin avec un diamètre de fil de 0,01 à 0,1 mm et une durée de vie de 1 000 à 3 000 tonnes, adapté à la production de câbles de données et de câbles pour écouteurs.

Filières de tréfilage en carbure Filières de tréfilage de forme spéciale

Étirage de fils plats ou carrés, traitement de fils pour équipements électroniques, durée de vie 300-1500 tonnes, utilisé dans les connecteurs et les circuits imprimés.

4.2 Fil et ressort de filière de tréfilage en carbure

Filière de tréfilage en carbure, filière de tréfilage ronde

Étirage de fil d'acier à haute teneur en carbone pour produire un câble en acier et un fil en acier à ressort, diamètre du fil 0,110 mm, durée de vie 500-2000 tonnes, utilisé dans les câbles d'ascenseur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et les ressorts de suspension automobile.

Filières de tréfilage en carbure, filières de tréfilage en tige

Étirage de fil d'acier épais ou de barre d'acier, traitement de l'acier de construction, diamètre du fil 530 mm, durée de vie 500-2000 tonnes, adapté aux ponts et aux structures de bâtiments.

Filière de tréfilage en carbure Filière de tréfilage à haute température

Étirage de fil de musique pour produire des ressorts à haute résistance avec une résistance à la température de 700°C et une durée de vie de 300 à 1000 tonnes, utilisés dans les ressorts industriels et les ressorts de soupape.

4.3 Filières de tréfilage en carbure pour dispositifs médicaux

Filière de tréfilage en carbure Micro-filière de tréfilage

Étirement de fils guides en alliage de titane et en acier inoxydable pour produire des fils guides et des sutures cardiovasculaires, avec un diamètre de fil de 0,005 à 0,5 mm, une précision de $\pm 0,001$ mm et une durée de vie de 100 500 tonnes, adaptés au traitement médical interventionnel.

Filières de tréfilage en carbure Filières de tréfilage de forme spéciale

Étirage de fils médicaux de forme spéciale, traitement de fils de fixation orthopédiques, d'une durée de vie de 200 800 tonnes, utilisés dans la fabrication de vis et d'implants osseux.

Filières de tréfilage en carbure Filières de tréfilage en matériaux composites

Fil-guide composite étiré, fil enduit traité, durée de vie de 200 à 800 tonnes, adapté aux équipements neurointerventionnels.

4.4 Aéronautique

Filière de tréfilage en carbure Filière de tréfilage à haute température

Étirage de fils en alliage à base de nickel et en alliage de titane pour produire des fils et des fixations de moteurs d'aviation, diamètre de fil 0,15 mm, résistance à la température 900°C, durée de vie 300-1000 tonnes, utilisé dans les pales de turbine et les connecteurs de fuselage.

Filières de tréfilage en carbure Filières de tréfilage en matériaux composites

Fil composite en fibre de carbone étiré, traitement de fil léger, durée de vie de 200 800 tonnes, adapté aux composants de drones et de satellites.

Filière de tréfilage en carbure Micro-filière de tréfilage

Étirement de fil de titane ultra-fin pour produire du fil de capteur d'aviation, diamètre du fil 0,010,5 mm, durée de vie 100500 tonnes, utilisé dans les instruments de précision.

4.5 Matériel et énergie

Filière de tréfilage de tubes en carbure

Étirage de tubes en acier inoxydable et en cuivre, production de conduits d'énergie et de tubes d'échange de chaleur, d'un diamètre de 250 mm et d'une durée de vie de 500 à 2000 tonnes, qui sont utilisés dans les oléoducs et les oléoducs.

Filières de tréfilage en carbure, filières de tréfilage en tige

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Étirage de barres de cuivre et d'aluminium, traitement de pièces de quincaillerie et de barres conductrices, diamètre de tige 530 mm, durée de vie 500-2000 tonnes, adapté aux équipements électriques.

Filière de tréfilage en carbure, filière de tréfilage ronde

Étirage de fil d'acier pour produire des câbles d'acier et des treillis métalliques, diamètre du fil 0,15 mm, durée de vie 500-2000 tonnes, utilisé dans les pneus et les filets de protection.

5. Avantages du produit

Les filières de tréfilage en carbure occupent la première place sur le marché des filières de tréfilage grâce à leurs excellentes performances :

Durée de vie ultra longue : la résistance à l'usure et la dureté prolongent la durée de vie de 515 fois et le coût d'un seul tréfilage est réduit de 4070 %.

Traitement efficace : prend en charge l'étirement à grande vitesse (130 m/s) et la force de traction élevée (10 500 kN), augmentant l'efficacité de la production de 2050 %.

Haute précision : précision du trou de matrice $\pm 0,001$ mm, rugosité de la surface du fil Ra 0,10,4 μm , répondant aux exigences élevées du médical et de l'aviation.

Personnalisation flexible : Différents types (ronds, de forme spéciale, miniatures, etc.), tailles de trous de matrice (0,00550 mm) et revêtements (TiN, DLC) sont disponibles pour s'adapter à différentes conditions de travail.

Adaptabilité environnementale : résistance aux hautes températures (700-900°C), résistance à la corrosion (pH 210), adaptable aux environnements secs, humides et chimiques.

Fabrication verte : la durabilité élevée réduit les changements de moules et les déchets, conformément aux objectifs de développement durable.

6. Défis techniques et axes d'amélioration des filières de tréfilage en carbure cimenté

6.1 Défis techniques des filières de tréfilage en carbure

Difficulté de traitement

Le carbure cimenté présente une dureté élevée (HRA 8892), ce qui impose des exigences très élevées aux équipements et outils d'usinage. Les meules diamantées s'usent rapidement et la précision du perçage est difficile à stabiliser (tolérance $< \pm 0,001$ mm).

Risque de fragilité

Les matériaux à haute dureté peuvent produire des microfissures ou un effondrement des trous de matrice sous une force de traction élevée (> 500 kN) ou une conception incorrecte, ce qui affectera la durée de vie.

Problèmes de gestion thermique

L'étirement à grande vitesse (> 20 m/s) génère une chaleur de friction, qui peut provoquer un ramollissement de la surface de la matrice ou un décollement du revêtement, en particulier dans des conditions de température élevée.

Adaptabilité matérielle complexe

L'acier à haute résistance (HRC > 40), l'alliage de titane ou le fil composite ont des exigences élevées

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

en matière de géométrie des trous de matrice et de traitement de surface, et sont sujets à l'usure ou aux défauts de surface du fil.

Limitations des conditions de travail extrêmes

Sous des températures ultra-élevées ($> 900^{\circ}\text{C}$) ou dans un environnement fortement acide ($\text{pH} < 2$), les performances des revêtements et des phases de liaison traditionnels se détériorent et la durée de vie est réduite de 50 à 70 %.

6.2 Direction d'amélioration technique des filières de tréfilage en carbure cémenté

Technologie de traitement avancée

Développer le micro-usinage laser et le meulage ultra-précis, améliorer la précision du trou du moule à $\pm 0,0005\text{ mm}$, réduire l'usure de l'outil de 30 % et le rendre adapté aux moules micro et de forme spéciale.

Conception renforcée en termes de robustesse

L'utilisation d'une structure à gradient (dureté élevée HRA 9092 sur la surface, ténacité à la rupture élevée $> 9\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ à l'intérieur) ou d'une phase de liaison composite CoNi peut augmenter la résistance à la croissance des fissures de 20 à 30 % et réduire la fissuration des trous de matrice.

Gestion thermique efficace

Optimiser le système de refroidissement de la matrice (pression du liquide de refroidissement 510 MPa, débit 25 L/min) pour réduire la température de travail de 100 à 150°C ; développer des revêtements adaptatifs (tels que TiAlN/AlCrSi, résistance à la température 1000°C) pour réduire le ramollissement thermique.

Optimisation des matériaux complexes

Concevez des revêtements à faible frottement (tels que DLC, coefficient de frottement 0,080,15) et optimisez la géométrie des trous de matrice (angle d'entrée 5° à 15° , longueur de surface réduite 0,52 mm) pour réduire les défauts de surface du fil ; développez des trous de matrice PCD (diamant polycristallin), augmentez la dureté à HV 8000 et prolongez la durée de vie de 20 fois.

Adaptation aux conditions de travail extrêmes

Développer des revêtements nano-multicouches (tels que AlCrSi/TiN, épaisseur 13 μm , dureté HV 3500) ou des matériaux composites à base de céramique (WCSiC), avec une résistance à la température augmentée à 1100°C et un taux de corrosion aux acides forts ($\text{pH} 12$) $< 0,02\text{ mm/an}$.

Conception intelligente

L'IA est utilisée pour simuler la force d'étirage (erreur $< 5\%$) et le comportement d'usure, optimiser l'angle du trou de la matrice (écart $< 0,2^{\circ}$) et la rugosité de surface ($R_a < 0,05\text{ }\mu\text{m}$) et améliorer la stabilité du tréfilage ; des matrices d'étirage autodiagnostiques sont développées pour surveiller la température et l'usure en temps réel, prolongeant ainsi la durée de vie de 10 à 20 %.

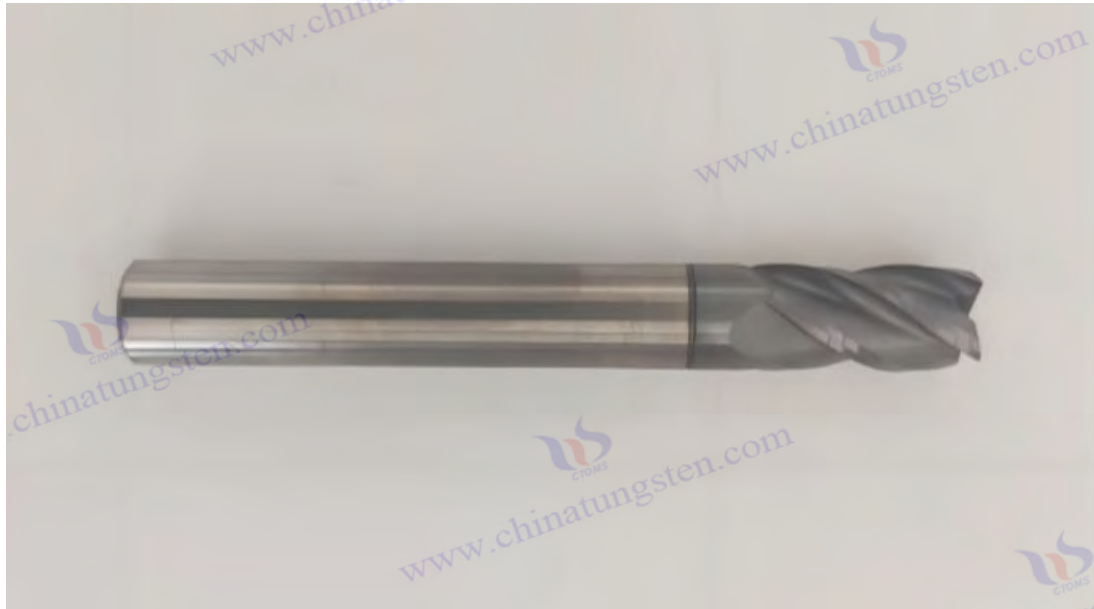
7. Conclusion

Les filières de tréfilage en carbure sont devenues des outils de prédilection dans les domaines des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fils et câbles, des câbles métalliques, de la fabrication de ressorts, des fils-guides médicaux et aérospatiaux, etc., grâce à leur dureté élevée (HRA 8892), leur excellente ténacité (6,0 à 9,0 MPa·m²) et leur durée de vie ultra-longue (100 à 3 000 tonnes de fil). Leur grande variété (filières circulaires, micro-filières, filières de forme spéciale, filières multi-étages, etc.) et leurs spécifications précises (diamètre du trou de filière : 0,00550 mm, tolérance : ± 0,001 mm) répondent aux divers besoins d'étirage, des fils-guides ultra-fins aux tiges épaisses. Les indicateurs techniques montrent une durée de vie 515 fois supérieure à celle des filières en acier rapide, une augmentation de l'efficacité de production de 2 050 % et une qualité de surface du fil atteignant Ra 0,10,4 µm.

Grâce à des procédés avancés de métallurgie des poudres et à des technologies de revêtement (comme TiAlN et DLC), les filières de tréfilage sont performantes dans des environnements difficiles, notamment à haute température (700-900 °C) et à la corrosion (pH 210). À l'avenir, grâce au traitement laser, aux trous de filière en PCD, au nano-revêtement, à l'optimisation par l'IA et à la conception intelligente, les filières de tréfilage en carbure cimenté amélioreront encore leurs performances et élargiront leurs possibilités d'application, contribuant ainsi au développement efficace, précis et durable de l'industrie mondiale.



appendice:

Buse en carbure

La buse en carbure cimenté est un composant de contrôle des fluides hautes performances, principalement composé de carbure de tungstène (WC), fabriqué par métallurgie des poudres et conçu pour les applications de projection dans des environnements à haute pression, à forte usure et corrosifs. Son excellente dureté, sa résistance à l'usure, aux températures élevées et à la corrosion la rendent largement utilisée dans le sablage, la pulvérisation, la découpe au jet d'eau, le forage pétrolier, l'industrie chimique, l'irrigation agricole et l'agroalimentaire. Cet article explique de manière systématique les performances et les applications des buses en carbure cimenté, notamment en termes de propriétés des matériaux, de classification et de paramètres techniques, de procédé de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fabrication, de domaines d'application, d'avantages en termes de performances, de défis et de tendances technologiques.

Composition du matériau et caractéristiques de performance

Composition du matériau et caractéristiques de performance des buses en carbure cimenté

Les caractéristiques matérielles et de performance des buses en carbure déterminent leurs excellentes performances dans les environnements difficiles.

Composition du matériau des buses en carbure

La formule du matériau des buses en carbure est optimisée pour équilibrer la dureté, la ténacité et la résistance à la corrosion.

La phase dure en carbure de tungstène (WC, 8 595 % en poids) des buses en carbure cimenté offre une dureté et une résistance à l'usure élevées. Certaines formulations ajoutent du carbure de titane (TiC, 0,53 % en poids) ou du carbure de tantale (TaC, 0,52 % en poids) pour améliorer la stabilité à haute température et la résistance à l'oxydation.

La phase liante de la buse en carbure cimenté contient

du cobalt (Co, 512 % en poids), ce qui améliore la ténacité et la résistance aux chocs ; du nickel (Ni, 510 % en poids), qui est utilisé dans les formulations résistantes à la corrosion et convient aux environnements acides ou humides.

Des traces

de chrome (Cr, 0,10,8 % en poids), de vanadium (V, 0,050,4 % en poids) et de molybdène (Mo, 0,10,6 % en poids) sont utilisées pour affiner les grains, inhiber la croissance des grains et améliorer la résistance à la corrosion et les performances à haute température.

Caractéristiques de performance des buses en carbure

Les performances des buses en carbure cimenté proviennent de leur microstructure optimisée et de la formulation de leur matériau.

La dureté des buses en carbure est

HRA 8892 (HV 14001800), ce qui est nettement supérieur à celui de l'acier inoxydable (HRC 2040) et convient au sablage hautement abrasif.

La ténacité à la rupture de la buse en carbure cimenté est

de 6,09,0 MPa·m^{1/2}, ce qui est environ 25 % supérieur à celui du carbure cimenté ordinaire (57 MPa·m^{1/2}), résistant efficacement à la propagation des fissures.

de la buse en carbure cimenté

est de 0,0080,015 mm³/N·m (ASTM G65), ce qui est 1,52 fois inférieur à celui de l'alliage à haute teneur en chrome et la durée de vie est prolongée de 515 fois.

La résistance à la compression de la buse en carbure cimenté

est de 4 500 à 6 500 MPa et peut supporter une pression d'injection maximale de 500 MPa.

La densité de la buse en carbure cimenté est

de 14,015,0 g/cm³, adaptée à une installation de haute précision.

La résistance à la corrosion des buses en carbure cimenté

est < 0,05 mm/an dans un environnement neutre ou faiblement acide (pH 49) ; la formule à base de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

nickel ou revêtue peut résister à un pH 210 avec un taux de corrosion de < 0,03 mm/an.

La résistance des buses en carbure cémenté

varie de 20°C à 800°C, et la formule du revêtement peut résister à des températures instantanées de 1000°C.

Caractéristiques de la microstructure des buses en carbure cémenté

Les buses en carbure cémenté adoptent une structure à grains ultrafins (0,20,5 μm) ou à grains fins (0,51 μm), qui présente les avantages suivants :

Dureté et résistance élevées : les petits grains augmentent la densité des limites de grains, suivent l'effet Hall-Petch et améliorent la résistance à l'usure.

Ténacité améliorée : le raffinement du grain disperse les contraintes, réduit le risque de propagation des fissures et améliore la résistance aux chocs de 20 à 30 %.

Stabilité de surface : réduit l'usure, maintient la finition de surface du trou de buse et assure la précision de l'injection et la durée de vie.

2. Classification et paramètres techniques des buses en carbure cémenté

Classification et paramètres techniques des buses en carbure cémenté

Les buses en carbure cémenté sont divisées en différents types en fonction du milieu de pulvérisation et des scénarios d'application pour répondre à différents besoins industriels.

Classification et utilisation des buses en carbure

Voici un résumé de la classification, des paramètres techniques et des utilisations des buses en carbure (basé sur les normes ISO, les spécifications ASTM et les données de l'industrie) :

Tableau de classification et d'application des buses en carbure cémenté

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
Buse de sablage Buse de sablage	Conception hautement résistante à l'usure, adaptée au sablage abrasif.	Traitement de surface (dérouillage, ébavurage), construction navale (sablage de coque), construction (nettoyage de béton), sablage au sable, grenaille d'acier.	Diamètre de la buse 212 mm, longueur 50200 mm, HRA 8892, durée de vie 5002000 heures.
Buse à jet d'eau Buse à jet d'eau	Jet d'eau haute pression, adapté à la découpe de matériaux durs.	Aéronautique (découpe d'alliage de titane), automobile (découpe de matériaux composites), traitement de la pierre (marbre), jet d'eau haute pression (300400 MPa).	Diamètre de la buse 0,12 mm, longueur 20100 mm, HRA 9092, durée de vie 2001000 heures.
Buse de pulvérisation	Application précise de peintures ou de	Aéronautique (revêtement d'aubes de turbines),	Diamètre de la buse 0,55 mm, longueur 30150 mm, HRA

Buse de revêtement par pulvérisation	de revêtements par céramiques.	automobile (revêtement de moteurs), électronique (pulvérisation de circuits imprimés), pulvérisation de céramiques, poudres métalliques.	8891, durée de vie 3001500 heures.
Buses de champs pétrolifères Buse de champ pétrolifère	Haute pression et résistance à la corrosion, adapté au forage par jet.	Forage pétrolier (injection de fluide de forage), exploration de gaz naturel (nettoyage de fond de trou), exploitation minière (injection de boue), fluide de forage par injection, fluide chimique.	Diamètre de la buse 315 mm, longueur 50150 mm, HRA 8992, durée de vie 5002000 heures.
Buse d'atomisation Buse d'atomisation	Spray atomisé fin, adapté à la dispersion liquide.	Agriculture (pulvérisation de pesticides), industrie chimique (atomisation de liquides), protection de l'environnement (traitement des gaz résiduels), pulvérisation d'eau, de liquide chimique, de pétrole.	Diamètre de la buse 0,23 mm, longueur 20100 mm, HRA 8891, durée de vie 5002000 heures.
Buse de combustion Buse de brûleur	Conception résistante aux hautes températures, adaptée à l'injection de carburant ou de gaz.	Energie (combustion en chaudière), industrie chimique (réaction à haute température), métallurgie (injection en four), injection de fioul, gaz naturel.	Diamètre de la buse 110 mm, longueur 30120 mm, HRA 8992, durée de vie 3001500 heures.
Micro-buse Micro-buse	Trou de buse ultra-petit, adapté à l'injection de haute précision.	Médical (spray de médicaments), électronique (nettoyage de puces), aviation (revêtement de précision), pulvérisation de liquides, de gaz et de particules.	Diamètre de la buse 0,050,5 mm, longueur 1050 mm, HRA 9092, durée de vie 2001000 heures.
Buses résistantes à la corrosion Buse résistante à la corrosion	Résistant aux acides forts et aux alcalis, adapté aux environnements chimiques.	Industrie chimique (injection de solutions acides et alcalines), protection de l'environnement (désulfuration et dénitrification), ingénierie marine (injection d'eau de mer), injection d'acide fort, d'alcali fort et d'eau de mer.	Diamètre de la buse 110 mm, longueur 30150 mm, HRA 8891, durée de vie 5002000 heures.

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

Buse de fabrication de lait en poudre	Spécialement conçu pour le séchage par atomisation afin d'atomiser uniformément les émulsions.	Transformation alimentaire (lait en poudre, production de lait en poudre), agriculture (transformation de produits laitiers), émulsion de pulvérisation, liquide de lactosérum, production de lait infantile en poudre, lait en poudre.	Diamètre de la buse 0,53 mm, longueur 20100 mm, HRA 8891, durée de vie 5002000 heures.

Paramètres techniques des buses en carbure cémenté

Les paramètres techniques des buses en carbure cémenté assurent leur adaptabilité à une variété d'applications industrielles :

taille:

Diamètre de la buse : 0,0515 mm (0,112 mm est couramment utilisé).

Longueur de la buse : 10 200 mm (généralement 20 150 mm).

Tolérance : $\pm 0,001$ mm (micro buses, buses de fabrication de lait en poudre) à $\pm 0,01$ mm (buses universelles).

Poids : 0,011 kg par pièce, convient aux équipements manuels ou automatisés.

Rugosité de surface : trou de buse Ra 0,050,2 μm , surface d'injection Ra 0,10,4 μm .

Degré de dureté :

Norme : HRA 8891 (pulvérisation à usage général, fabrication de lait en poudre).

Haute dureté : HRA 9092 (jet d'eau, micro buse).

Formule du matériau :

WCCo (usage général) : Teneur en cobalt 510 %, HRA 8891, haute ténacité.

WCNi (type résistant à la corrosion) : Teneur en nickel 510 %, résistant aux environnements acides et alcalins, adapté à la fabrication de lait en poudre.

WCTiCTaC (type haute température) : résistance à la température 8001000°C.

Paramètres d'injection :

Pression d'injection : 0,1500 MPa (la plus élevée pour le jet d'eau, 0,55 MPa pour la fabrication de lait en poudre).

Vitesse du jet : 101000 m/s (selon le milieu).

Débit : 0,01100 L/min (fabrication de lait en poudre 0,110 L/min).

Traitement de surface :

Polissage : trou de pulvérisation Ra 0,020,1 μm , réduit les frottements et le colmatage, adapté à la fabrication de lait en poudre.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

revêtement:

TiN : Dureté HV 20002500, résistance à l'usure augmentée de 2 fois.

TiAlN : Résistant à des températures allant jusqu'à 900°C, adapté à la pulvérisation à haute température.

AlCrSi/TiN : résistance à la température 1000°C, durée de vie prolongée de 3 fois.

DLC : Coefficient de frottement 0,080,15, adapté à la pulvérisation de liquide et à la pulvérisation d'émulsion.

Conformité aux normes :

Système de gestion de la qualité ISO 9001.

ASTM B771 (test d'usure), ISO 3878 (test de dureté).

Certification de qualité alimentaire : la buse de fabrication de lait en poudre est conforme aux normes de contact alimentaire FDA/UE.

3. Procédé de fabrication de la buse en carbure cimenté

La fabrication de buses en carbure cimenté adopte une technologie avancée de métallurgie des poudres pour garantir que les propriétés du matériau, la précision de la buse et la qualité de surface répondent aux normes de l'industrie.

Les matières premières des buses en carbure cimenté

sont le carbure de tungstène haute pureté (WC, pureté > 99,95 %), le cobalt (Co, pureté > 99,9 %) et des additifs (tels que TiC, TaC, Cr). Les poudres sont mélangées par broyage humide (milieu : alcool ou eau déionisée, broyage à boulets pendant 2 472 heures), et la granulométrie moyenne est contrôlée à 0,20,8 µm. Du VC ou du Cr₃C₂ (0,10,4 % en poids) est ajouté comme inhibiteur de grains pour empêcher la croissance des grains lors du frittage à haute température.

Formage de buses en carbure

Pressage isostatique à froid (CIP) : La poudre est pressée dans un corps vert à 200-400 MPa avec une densité de 50-60 % de la valeur théorique.

Moulage de précision : Des moules de haute précision (tolérance ± 0,05 mm) sont utilisés pour mouler le corps de la buse et le trou de pulvérisation initial.

Séchage par atomisation : préparer des particules fluides et améliorer l'uniformité et la résistance des corps verts.

Frittage de buse en carbure cimenté

Pré-frittage : 9001100°C, pour éliminer les additifs organiques.

Pressage isostatique à chaud (HIP) : 13501450°C, 100200 MPa, environnement argon, frittage pendant 23 heures, densité 99,8100%.

Contrôle du refroidissement : Refroidissement progressif (1015°C/min) pour éviter les microfissures dues aux contraintes thermiques.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Post-traitement des buses en carbure cémenté

Rectification de précision

Utilisez une meule diamantée pour usiner le trou de la buse avec une tolérance de $\pm 0,001$ mm et une rugosité de surface de Ra 0,05 à 0,2 μm .

Traitement au laser

Ajustez la forme de la buse (circulaire, en éventail), avec une précision de $\pm 0,0005$ mm, adaptée aux micro-buses et aux buses de fabrication de lait en poudre.

polissage

Polissage ultra-précis, trou de pulvérisation Ra 0,020,1 μm , uniformité de pulvérisation optimisée, particulièrement adapté à la pulvérisation d'émulsion.

Renforcement de surface

Les revêtements (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) améliorent la résistance à l'usure et à la chaleur ; Le revêtement DLC de qualité alimentaire est préféré pour les buses de fabrication de lait en poudre.

Contrôle de la qualité

Test de dureté : HRA/HV, erreur $\pm 0,5$.

Analyse microstructurale : La microscopie électronique à balayage (MEB) a été utilisée pour examiner la taille des grains (0,2 à 0,8 μm).

Mesure dimensionnelle : instrument de mesure optique, précision $\pm 0,0005$ mm.

Contrôle non destructif : Contrôle par ultrasons pour détecter les défauts internes.

Certification de qualité alimentaire : la buse de fabrication de lait en poudre a réussi le test de matériau de contact alimentaire FDA/UE.

4. Utilisations et scénarios d'application des buses en carbure cémenté

Utilisations et applications des buses en carbure

Les buses en carbure sont largement utilisées dans les domaines suivants en raison de leur grande résistance à l'usure, de leur résistance à la corrosion et de leur capacité de pulvérisation précise :

Traitement de surface de la buse en carbure

Buse de sablage

Il peut projeter du sable et des grenailles d'acier pour éliminer la rouille des navires, ébavurer les pièces automobiles et nettoyer les surfaces en béton. Sa pression est de 1 050 MPa et sa durée de vie est de 500 à 2 000 heures. Il est adapté aux secteurs de la construction navale et du bâtiment.

Buse de pulvérisation

Pulvérisation de poudres céramiques et métalliques pour produire des revêtements d'aubes de turbines d'aviation et des revêtements résistants à l'usure de moteurs automobiles avec une durée de vie de 300 à 1 500 heures, utilisés dans la fabrication aéronautique et automobile.

Buse à jet d'eau

Découpe à l'eau haute pression d'alliage de titane, de matériaux composites, de marbre, pression 300-400 MPa, durée de vie 200-1000 heures, adaptée à l'aérospatiale et au traitement de la pierre.

Buses en carbure pour pétrole et énergie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Buses de champs pétrolifères

Fluide de forage à jet, fluide chimique, utilisé pour le forage pétrolier, le nettoyage de fond, pression 50200 MPa, durée de vie 5002000 heures, résistance à la corrosion (pH 210), utilisé dans le forage de puits profonds.

Buse de combustion

Il est utilisé pour la pulvérisation de fioul et de gaz naturel, ainsi que pour la combustion dans les chaudières et les fours. Il résiste à des températures allant jusqu'à 800 °C et offre une durée de vie de 300 à 1 500 heures. Il est adapté à la production d'énergie thermique et aux industries métallurgiques.

Buse à jet d'eau

Pour le nettoyage des échangeurs de chaleur et des canalisations, pression 100-300 MPa, durée de vie 200-1000 heures, utilisé dans l'énergie nucléaire et l'industrie pétrochimique.

Buse en carbure cémenté Industrie chimique et protection de l'environnement

Buses résistantes à la corrosion

Solutions acides et alcalines en spray, eau de mer, utilisées pour les réactions chimiques, la désulfuration et la dénitrification, résistantes au pH 210, durée de vie de 500 à 2000 heures, adaptées à l'industrie chimique et à l'ingénierie marine.

Buse d'atomisation

Liquide chimique atomisé, liquide de traitement des gaz résiduels, utilisé pour la purification des gaz résiduels, tour de refroidissement, débit 0,110 L/min, durée de vie 5002000 heures, utilisé dans la protection de l'environnement et l'industrie chimique.

Buse de pulvérisation

Revêtement anticorrosion par pulvérisation, utilisé pour la protection des réservoirs de stockage et des pipelines, avec une durée de vie de 300 à 1500 heures, adapté à la fabrication d'équipements chimiques.

Buses en carbure pour l'agriculture et la transformation des aliments

Buse d'atomisation

Pulvérisation de pesticides et d'engrais pour l'irrigation agricole de précision, débit 0,055 L/min, durée de vie 500-2000 heures, convient à la pulvérisation des grandes cultures et des vergers.

Buse de fabrication de lait en poudre

Séchage par atomisation d'émulsion et de liquide de lactosérum, production de lait infantile en poudre et de lait en poudre, pression 0,55 MPa, débit 0,110 L/min, durée de vie 500-2000 heures, conforme aux normes de qualité alimentaire, adapté à la transformation laitière et à l'industrie alimentaire.

Buses résistantes à la corrosion

Spray nettoyant liquide et désinfectant pour le nettoyage du matériel agricole, résistant au pH 210, durée de vie 500-2000 heures, adapté aux serres et aux fermes.

Buses en carbure pour applications médicales et électroniques

Micro-buse

Liquide d'atomisation de médicament en aérosol et liquide de nettoyage pour le nettoyage des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

inhalateurs et des puces, avec une taille de buse de 0,05 à 0,5 mm et une durée de vie de 200 à 1 000 heures, adapté aux industries médicales et électroniques.

Buses résistantes à la corrosion

Désinfectant en spray, utilisé pour le nettoyage du matériel médical, résistant au pH 210, durée de vie 500-2000 heures, adapté aux hôpitaux et laboratoires.

Buse de pulvérisation

Revêtement conducteur par pulvérisation, utilisé pour la fabrication de circuits imprimés, durée de vie de 300 à 1500 heures, adapté à l'industrie des semi-conducteurs.

Buses en carbure pour l'aérospatiale

Buse à jet d'eau

Découpe de matériaux composites en fibre de carbone et d'alliages de titane avec une précision de ± 0,01 mm et une durée de vie de 200 à 1 000 heures. Convient à la fabrication d'ailes d'avion et de composants de satellites.

Buse de pulvérisation

Revêtement céramique par pulvérisation, utilisé dans les moteurs d'avion, avec une durée de vie de 300 à 1500 heures, adapté au processus de revêtement de haute précision.

Micro-buse

Pulvérisation de gaz et de liquide de précision, utilisée pour la fabrication de capteurs, trou de buse 0,05-0,5 mm, durée de vie 200-1000 heures, adaptée aux instruments d'aviation.

Utilisations et scénarios d'application des buses en carbure cémenté

Grâce à leur résistance élevée à l'usure et à la corrosion, ainsi qu'à leur capacité de pulvérisation précise, les buses en carbure sont largement utilisées dans le traitement de surface, le pétrole et l'énergie, la protection chimique et environnementale, l'agriculture et l'agroalimentaire, la médecine et l'électronique, l'aérospatiale et d'autres secteurs. Les utilisations et scénarios d'application spécifiques dans divers domaines sont répertoriés systématiquement sous forme de tableau.

industrie champ	Produit (type de buse)	Objectif et scénarios d'application	Paramètres de performance
Traitement de surface	Buse de sablage Buse de sablage	Le grenaillage au sable et à l'acier est utilisé pour éliminer la rouille des navires, ébavurer les pièces automobiles et nettoyer les surfaces en béton.	Pression 1050 MPa, durée de vie 500-2000 heures, adapté aux industries de la construction navale et de la construction.
	Buse de pulvérisation Buse de revêtement par pulvérisation	Projection de poudres céramiques et métalliques pour produire des revêtements d'aubes de turbines d'aviation et des revêtements résistants à	Durée de vie de 300 à 1 500 heures, convient à la fabrication aéronautique et automobile.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

		l'usure de moteurs d'automobiles.	
	Buse à jet d'eau Buse à jet d'eau	Découpe à l'eau haute pression d'alliage de titane, de matériaux composites et de marbre.	Pression 300-400 MPa, durée de vie 200-1000 heures, adapté à l'aérospatiale et au traitement de la pierre.
Pétrole et énergie	Buses de champs pétrolifères Buse de champ pétrolifère	Jet de fluide de forage et de fluide chimique pour le forage pétrolier et le nettoyage de fond de trou.	Pression 50200 MPa, durée de vie 5002000 heures, résistance à la corrosion (pH 210), utilisé dans le forage de puits profonds.
	Buse de combustion Buse de brûleur	Injecter du mazout et du gaz naturel pour la combustion dans les chaudières et les fours.	Avec une résistance à la température de 800°C et une durée de vie de 300 à 1500 heures, il convient à la production d'énergie thermique et aux industries métallurgiques.
	Buse à jet d'eau Buse à jet d'eau	Nettoyer les échangeurs de chaleur et les tuyaux.	Pression 100-300 MPa, durée de vie 200-1000 heures, utilisé dans l'énergie nucléaire et l'industrie pétrochimique.
	Buses résistantes à la corrosion Buse résistante à la corrosion	Pulvériser des solutions acides et alcalines et de l'eau de mer pour les réactions chimiques, la désulfuration et la dénitritification.	Résistant au pH 210, durée de vie de 500 à 2000 heures, adapté à l'industrie chimique et à l'ingénierie marine.
Industrie chimique et protection de l'environnement	Buse d'atomisation Buse d'atomisation	Liquide chimique atomisé, liquide de traitement des gaz résiduels, utilisé pour la purification des gaz résiduels et la tour de refroidissement.	Débit 0,110 L/min, durée de vie 500-2000 heures, utilisé dans la protection de l'environnement et les industries chimiques.
	Buse de pulvérisation Buse de revêtement par pulvérisation	Pulvérisation de revêtement anticorrosion pour la protection des réservoirs et des canalisations.	Durée de vie de 300 à 1 500 heures, convient à la fabrication d'équipements chimiques.
	Buse d'atomisation Buse	Pulvériser des pesticides et des engrais pour une irrigation agricole de	Débit 0,055 L/min, durée de vie 500-2000 heures, convient à la pulvérisation des grandes
Agriculture et transformation alimentaire			

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	d'atomisation	précision.	cultures et des vergers.
	Buse de fabrication de lait en poudre	Séchage par atomisation d'émulsions et de liquides de lactosérum pour produire du lait infantile en poudre et du lait en poudre.	Pression 0,55 MPa, débit 0,110 L/min, durée de vie 500-2000 heures, conforme aux normes de qualité alimentaire, adapté à la transformation laitière et à l'industrie alimentaire.
	Buse résistante à la corrosion	Spray nettoyant et désinfectant pour le nettoyage du matériel agricole.	Résistant au pH 210, durée de vie 500-2000 heures, adapté aux serres et aux fermes.
Médical et électronique	Micro-buse	Liquide de pulvérisation de médicament et liquide de nettoyage pour le nettoyage des inhalateurs et des puces.	L'orifice de la buse mesure 0,05 à 0,5 mm et sa durée de vie est de 200 à 1 000 heures. Il est adapté aux secteurs médical et électronique.
	Buses résistantes à la corrosion	Spray désinfectant pour le nettoyage du matériel médical.	Résistant au pH 210, durée de vie 500-2000 heures, adapté aux hôpitaux et aux laboratoires.
	Buse de revêtement par pulvérisation	Pulvérisation de revêtements conducteurs pour la fabrication de circuits imprimés.	Durée de vie de 300 à 1 500 heures, adapté à l'industrie des semi-conducteurs.
	Buse à jet d'eau	Découpe de composites en fibre de carbone, alliages de titane.	Précision : $\pm 0,01$ mm, durée de vie : 200 à 1 000 heures, convient à la fabrication d'ailes d'avion et de composants de satellites.
Aérospatial	Buse de revêtement par pulvérisation	Projection de revêtements céramiques pour moteurs d'avions.	Durée de vie de 300 à 1 500 heures, adapté aux processus de revêtement de haute précision.
	Micro-buse	Injection de gaz et de liquides de précision pour la fabrication de capteurs.	Le trou de la buse est de 0,05 à 0,5 mm et la durée de vie est de 200 à 1 000 heures, ce qui convient aux instruments d'aviation.

5. Avantages en termes de performances

Avantages des performances des buses en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les buses en carbure présentent des avantages significatifs dans le domaine des équipements d'injection :

Durée de vie ultra longue

La résistance à l'usure et la dureté prolongent la durée de vie de 515 fois et réduisent le coût par utilisation de 4070 %.

Pulvérisation efficace

Il prend en charge l'injection haute pression (0,1500 MPa) et le fluide à grande vitesse (101000 m/s), et l'efficacité de l'injection est améliorée de 2050 %.

Haute précision

La précision du trou de buse est de $\pm 0,001$ mm et la rugosité de la surface de pulvérisation est de Ra 0,10,4 μm , ce qui répond aux exigences élevées de l'aviation, de la médecine et de la transformation alimentaire.

Personnalisation flexible

Une variété de types (sablage, jet d'eau, atomisation, fabrication de lait en poudre, etc.), de tailles de buses (0,0515 mm) et de revêtements (TiN, DLC) sont disponibles pour s'adapter à différentes conditions de travail.

Adaptabilité environnementale

Résistant aux hautes températures (800-1000°C), résistant à la corrosion (pH 210), adaptable aux abrasifs, liquides chimiques, émulsions et environnements à haute température.

Fabrication verte

La durabilité élevée réduit les changements de buses et les déchets, répondant ainsi aux objectifs de durabilité.

6. Défis techniques et axes d'amélioration

Défis techniques et axes d'amélioration des buses en carbure cimenté

Les buses en carbure cimenté sont confrontées à plusieurs défis techniques dans les applications pratiques et doivent réaliser des percées en matière de performances grâce à une amélioration continue.

Défis techniques des buses en carbure

Difficulté d'usinage des buses en carbure

Le carbure cimenté présente une dureté élevée (HRA 8892), ce qui impose des exigences très élevées aux équipements et outils d'usinage. Les meules diamantées s'usent rapidement et la précision du perçage de la buse est difficile à stabiliser (tolérance $< \pm 0,001$ mm).

Risque de fragilité de la buse en carbure

Les matériaux à haute dureté peuvent produire des microfissures ou un effondrement de la buse sous haute pression (> 500 MPa) ou une conception incorrecte, ce qui affectera la durée de vie.

Problèmes de gestion thermique des buses en carbure cimenté

La pulvérisation à haute température (> 800 °C) ou la pulvérisation abrasive à grande vitesse peut provoquer un ramollissement de la surface de l'orifice ou un décollement du revêtement, en

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

particulier dans des conditions sèches.

Adaptabilité des médias complexes

Les liquides à haute viscosité (tels que les émulsions), les liquides chimiques hautement corrosifs ou les abrasifs ultra-durs ont des exigences élevées en matière de géométrie des buses et de traitement de surface, et sont sujets à l'usure ou au colmatage.

Conditions de travail extrêmes des buses en carbure cimenté

Sous des températures ultra-élevées ($>1000^{\circ}\text{C}$) ou des environnements acides forts ($\text{pH}<2$), les performances des revêtements et phases adhésives traditionnels se détériorent et leur durée de vie est raccourcie de 50 à 70 %.

Direction de l'amélioration technologique des buses en carbure cimenté

Technologie de traitement avancée des buses en carbure cimenté

Développé par micro-usinage laser et meulage ultra-précis, la précision du trou de buse est améliorée à $\pm 0,0005\text{ mm}$ et l'usure de l'outil est réduite de 30 %, ce qui convient aux buses de fabrication de micro et de lait en poudre.

Conception renforcée de la buse en carbure

L'utilisation d'une structure à gradient (dureté élevée HRA 9092 sur la surface, ténacité à la rupture élevée $> 9\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ à l'intérieur) ou d'une phase de liaison composite CoNi peut augmenter la résistance à la croissance des fissures de 20 à 30 % et réduire l'effondrement de la buse.

Gestion thermique efficace des buses en carbure

Optimiser le canal de refroidissement de la buse (pression du liquide de refroidissement 510 MPa, débit 25 L/min) pour réduire la température de fonctionnement de $100\text{-}150^{\circ}\text{C}$; développer des revêtements adaptatifs (tels que TiAlN/AlCrSi, résistance à la température 1100°C) pour réduire le ramollissement thermique.

Optimisation des buses en carbure pour les milieux complexes

Concevoir des revêtements à faible frottement (tels que DLC, coefficient de frottement 0,08-0,15) et optimiser la géométrie des buses (angle d'entrée $10^{\circ}\text{-}20^{\circ}$, longueur de la zone d'injection 0,52 mm) pour réduire le colmatage et l'usure ; développer des buses PCD (diamant polycristallin), augmenter la dureté à HV 8000 et prolonger la durée de vie de 20 fois.

Les buses en carbure conviennent aux conditions de travail extrêmes

Développer des revêtements nano-multicouches (tels que AlCrSi/TiN, épaisseur 13 μm , dureté HV 3500) ou des matériaux composites à base de céramique (WCSiC), avec une résistance à la température augmentée à 1200°C et un taux de corrosion aux acides forts ($\text{pH } 12$) $< 0,02\text{ mm/an}$.

Conception intelligente de la buse en carbure cimenté

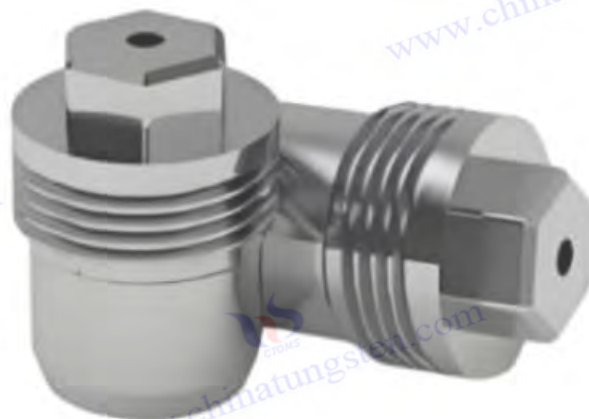
Utiliser l'IA pour simuler la pression d'injection (erreur $< 5\%$) et le comportement d'usure, optimiser l'angle de la buse (écart $< 0,2^{\circ}$) et la rugosité de surface ($R_a < 0,05\text{ }\mu\text{m}$) et améliorer la stabilité de l'injection ; développer des buses autodiagnostiques pour surveiller la température et l'usure en temps réel, prolongeant la durée de vie de 10 à 20 %.

7. Conclusion

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Grâce à leur dureté élevée (HRA 8892), leur excellente ténacité ($6,09,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) et leur durée de vie ultra-longue (2 002 000 heures), les buses en carbure cémenté sont devenues les composants de contrôle des fluides préférés dans les domaines du sablage, de la pulvérisation, de la découpe au jet d'eau, du forage pétrolier, de l'industrie chimique, de l'irrigation agricole, de la transformation des aliments, etc. Leurs divers types (buses de sablage, buses à jet d'eau, buses d'atomisation, buses de fabrication de lait en poudre, etc.) et leurs spécifications précises (diamètre du trou de pulvérisation 0,0515 mm, tolérance $\pm 0,001 \text{ mm}$) répondent à un large éventail de besoins, de la pulvérisation de précision à la découpe haute pression. Les indicateurs techniques montrent que leur durée de vie est 515 fois supérieure à celle des matériaux ordinaires, que l'efficacité de pulvérisation est augmentée de 2 050 % et que la qualité de surface de pulvérisation atteint $Ra 0,10,4 \mu\text{m}$.

Grâce à des technologies avancées de métallurgie des poudres et de revêtement (comme TiAlN et DLC), les buses offrent d'excellentes performances dans des environnements difficiles tels que les températures élevées (800-1000 °C) et la corrosion (pH 210). À l'avenir, grâce au traitement laser, aux orifices de buse en PCD, au nano-revêtement, à l'optimisation par l'IA et à la conception intelligente, les buses en carbure cémenté amélioreront encore leurs performances et élargiront leurs possibilités d'application, contribuant ainsi au développement efficace, précis et durable de l'industrie mondiale.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



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
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

Traitement personnalisé des buses en carbure

Les buses en carbure présentent des caractéristiques de résistance à l'usure, à la corrosion, aux hautes températures et une longue durée de vie. Elles sont largement utilisées dans le sablage, la pulvérisation, la découpe au jet d'eau, le forage pétrolier, l'industrie chimique, l'agriculture, l'agroalimentaire et d'autres domaines.

Principales caractéristiques des buses en carbure

- Dureté : HRA 8892
- Précision : tolérance de buse ±0,001 mm, rugosité de surface Ra 0,10,4 μm.
- Adaptabilité : résistance à la température 8001000°C, résistance à la corrosion pH 210.
- Efficacité : Prend en charge l'injection haute pression (0,1500 MPa), avec une efficacité augmentée de 2050 %.
- Durée de vie : Excellente résistance à l'usure, la durée de vie est 515 fois supérieure à celle des matériaux ordinaires.
- Personnalisation : différents types (sablage, atomisation, fabrication de lait en poudre, etc.), adaptés à diverses conditions de travail.

Principaux types de buses en carbure

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
Buse de sablage Buse de sablage	Conception hautement résistante à l'usure, adaptée au sablage abrasif.	Élimination de la rouille des navires, ébavurage de pièces automobiles et nettoyage du béton.	Diamètre de la buse 212 mm, Longueur 50200 mm,
Buse à jet d'eau Buse à jet d'eau	Jet d'eau haute pression, adapté à la découpe de matériaux durs.	Découpe d'alliages de titane pour l'aérospatiale, découpe de matériaux composites pour l'automobile, traitement de la pierre.	Le diamètre de la buse est de 0,12 mm. Longueur 20100 mm,
Buse de pulvérisation Buse de revêtement par pulvérisation	Pulvérisation précise de peinture ou de revêtements céramiques.	Revêtement d'aubes de turbines d'aviation, revêtement de moteurs automobiles, pulvérisation de circuits imprimés électroniques.	Le diamètre de la buse est de 0,55 mm. Longueur 30150 mm,
Buses de champs pétrolifères Buse de champ pétrolifère	Haute pression et résistance à la corrosion, adapté au forage par jet.	Injection de fluide de forage pétrolier, nettoyage de fond de trou de gaz naturel, injection de boue minière.	Diamètre de la buse 315 mm, Longueur 50150 mm,
Buse d'atomisation Buse d'atomisation	Spray atomisé fin, adapté à la	Pulvérisation de pesticides agricoles, atomisation de liquides	Le diamètre de la buse est de 0,23

	dispersion liquide.	chimiques, traitement des gaz résiduairese nvironnementaux.	mm. Longueur 20100 mm,
Buse de combustion Buse de brûleur	Conception résistante aux hautes températures, adaptée à l'injection de carburant ou de gaz.	Combustion de chaudière énergétique, réaction chimique à haute température, injection de four métallurgique.	Diamètre de la buse 110 mm, Longueur 30120 mm,
Micro-buse Micro-buse	Trou de buse ultra- petit, adapté à l'injection de haute précision.	Spray de médicaments médicaux, nettoyage de puces électroniques, revêtement de précision aéronautique.	Diamètre de la buse 0,050,5 mm, longueur 1050
Buses résistantes à la corrosion Buse résistante à la corrosion	Résistant aux acides forts et aux alcalis, adapté aux environnements chimiques.	Injection de solutions chimiques acides et alcalines, désulfuration et dénitritication pour la protection de l'environnement, injection d'eau de mer pour l'ingénierie marine.	Diamètre de la buse 110 mm, Longueur 30150 mm,
Buse de fabrication de lait en poudre Buse de pulvérisation de lait en poudre	Spécialement conçu pour le séchage par atomisation afin d'atomiser uniformément les émulsions.	Production de lait en poudre pour la transformation alimentaire, transformation de produits laitiers agricoles, en conformité avec les normes de contact alimentaire FDA/UE.	Le diamètre de la buse est de 0,53 mm. Longueur 20100 mm,

GROUPE CTIA LTD
3e étage, n° 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Xiamen, 361008
05925129595 , 18750234579
Courriel : info@ctia.group

GROUPE CTIA LTD

Traitement personnalisé des matrices d'emboutissage en carbure cémenté

Les matrices d'emboutissage en carbure se caractérisent par leur résistance à l'usure, à la corrosion et aux hautes températures, ainsi que par leur longue durée de vie. Elles sont largement utilisées dans l'industrie automobile, l'usinage de composants électroniques, la quincaillerie, l'aérospatiale, les équipements médicaux et d'autres secteurs.

Principales caractéristiques des matrices d'emboutissage en carbure cémenté

Dureté : HRA 8892.

Précision : tolérance du moule ±0,001 mm, rugosité de surface Ra 0,10,4 μm.

Adaptabilité : résistance à la température 8001000°C, résistance à la corrosion pH 210.

Efficacité : prend en charge l'estampage haute fréquence, avec une efficacité augmentée de 2050 %.

Durée de vie : Excellente résistance à l'usure, la durée de vie est 515 fois supérieure à celle des moules ordinaires.

Personnalisation : Différents types (matrice d'emboutissage, matrice de poinçonnage, matrice composée, etc.), adaptés à diverses conditions de travail.

Principaux types de matrices d'emboutissage en carbure cémenté

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques
matrice d'étirement Matrice de dessin	Conception hautement résistante à l'usure, adaptée au formage par étirage du métal.	Panneaux de carrosserie automobile, conteneurs métalliques et étirement de coques en alliage d'aluminium.	Le diamètre de la matrice est de 10 200 mm, l'épaisseur est de 20 100 mm et la durée de vie est de 502 millions de poinçonnages.
matrice de découpage matrice de découpage	Poinçonnage de haute précision, adapté à la découpe de plaques minces.	Poinçonnage de cadres de connexion de composants électroniques, de pièces automobiles et d'accessoires matériels.	L'écartement des matrices est de 0,010,1 mm, l'épaisseur est de 1580 mm et la durée de vie est de 301,5 millions de fois l'emboutissage.
Moule composé matrice composée	Emboutissage multi-étapes intégré, adapté aux pièces complexes.	Connecteurs aérospatiaux, pièces d'équipement médical et traitement composite de matériel de précision.	Le diamètre de la matrice est de 20150 mm, l'épaisseur est de 20100 mm et la durée de vie est de 401,8 millions de poinçonnages.
Un champ pétrolifère meurt Champ pétrolifère Die	Résistant à la haute pression et à la corrosion, adapté à l'emboutissage à forte	Pièces d'équipement de forage pétrolier, accessoires de gazoduc, pièces de machines	Le diamètre de la matrice est de 30 200 mm, l'épaisseur est de 30 120 mm et la durée de vie est

	charge.	minières.	de 301,2 millions de fois d'emboutissage.
matrice d'emboutissage à grande vitesse	Conception résistante aux hautes températures et aux hautes fréquences, adaptée à l'emboutissage rapide.	Fixations automobiles, connecteurs électroniques, lignes de production d'emboutissage à grande vitesse en continu.	La matrice a un diamètre de 10 100 mm, une épaisseur de 1 580 mm et une durée de vie de 602,5 millions de poinçonnages.
Modèle de charge lourde matrice robuste	Conception à haute résistance, adaptée à l'emboutissage de plaques épaisses.	Pièces de machinerie lourde, structures de navires et quincaillerie de construction, emboutissage de plaques épaisses.	Le diamètre de la matrice est de 50 300 mm, l'épaisseur est de 30 120 mm et la durée de vie est de 301,2 millions de fois d'emboutissage.
Micro-moisissure Micro-matrice	Taille ultra-petite, adaptée au micro-estampage de haute précision.	Micro-pièces pour dispositifs médicaux, micro-connecteurs pour l'électronique et composants pour capteurs aéronautiques.	La matrice a un diamètre de 550 mm, une épaisseur de 1040 mm et une durée de vie de 20,8 millions de poinçonnages.
Moule résistant à la corrosion matrice résistante à la corrosion	Résistant aux acides forts et aux alcalis, adapté à l'emboutissage dans des environnements chimiques.	Pièces d'équipement chimique, accessoires d'ingénierie marine et emboutissage de matériaux corrosifs.	Le diamètre de la matrice est de 15 150 mm, l'épaisseur est de 2 080 mm et la durée de vie est de 502 millions de poinçonnages.
Moule de qualité alimentaire Matrice de qualité alimentaire	Spécialement conçu pour l'emboutissage de pièces alimentaires, dans le respect des normes.	Les moules d'emballage alimentaire et les pièces d'équipement de transformation laitière sont conformes aux normes de contact alimentaire FDA/UE.	Le diamètre de la matrice est de 10 100 mm, l'épaisseur est de 1 580 mm et la durée de vie est de 502 millions de poinçonnages.

GROUPE CTIA LTD
3e étage, n° 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Xiamen, 361008
, 05925129595 18750234579 E-mail : info@ctia.group

GROUPE CTIA LTD

Traitement personnalisé des engrenages à billes en carbure

Les dents sphériques en carbure offrent une résistance à l'usure, à la corrosion et aux hautes températures, ainsi qu'une longue durée de vie. Elles sont largement utilisées dans les secteurs de l'exploitation minière, du creusement de tunnels, du fraisage routier, du forage pétrolier, de la construction, de l'extraction du charbon et d'autres domaines.

Principaux types de dents à billes en carbure

taper	décrire	Principales utilisations et scénarios d'application	Spécifications typiques mm
Pic de coupe	Conception hautement résistante à l'usure, adaptée à la coupe de roches dures.	Extraction de charbon, creusement de tunnels et exploitation de roches dures.	Diamètre de la dent 1050, longueur 50150
Tunnelisation dentaire	Conception à haute résistance, adaptée aux équipements de creusement de tunnels.	Tunnels de métro, tunnels ferroviaires et excavations d'ingénierie souterraines.	Diamètre de la dent 1560 Longueur 60180
Dent de fraisage	Résistant aux températures élevées et aux coupes à haute fréquence, adapté au fraisage routier.	Entretien des routes, fraisage des pistes, réparation des routes urbaines.	Diamètre de la dent 830, longueur 40120
Perçage des dents	Il résiste aux hautes pressions et à la corrosion et convient aux opérations de forage.	Forage pétrolier, exploration de gaz naturel, étude géologique.	Diamètre de la dent 1040, longueur 50140
Dents de creusement rotatives	Conception à haute ténacité, adaptée aux équipements de forage rotatifs.	Construction de fondations sur pieux, de fondations de ponts, de construction de terminaux portuaires.	Diamètre de la dent 2080, longueur 70200
Dent d'extraction du charbon	Conception résistante aux chocs, adaptée à l'extraction du	Mines de charbon à ciel ouvert, exploitation minière souterraine de charbon, équipement de lavage du	Diamètre de la dent 1550, longueur 50160

	charbon.	charbon.	
Micro-dent	Taille ultra-petite, adaptée à la découpe de haute précision.	Exploration géologique de précision, équipement de micro-forage et traitement de pièces aéronautiques.	Diamètre de la dent 520, longueur 2080
Dents résistantes à la corrosion Dent résistante à la corrosion	Résistant aux acides forts et aux alcalis, adapté à la coupe dans des environnements corrosifs.	Exploitation minière des fonds marins, exploitation minière chimique des minéraux, ingénierie des sols acides.	Diamètre de la dent 1050, longueur 50150
Dent robuste	Conception à haute résistance, adaptée à la coupe de matériaux ultra-durs.	Mines de roche dure, exploitation de minerai de fer, concassage technique à grande échelle.	Diamètre de la dent 20100, longueur 80220

GROUPE CTIA LTD

3e étage, n° 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Xiamen, 361008
, 05925129595 18750234579 E-mail : info@ctia.group

Qu'est-ce que le moule en carbure ?

Les matrices en carbure sont des outils hautes performances conçus pour l'emboutissage, l'emboutissage, l'extrusion à froid et le formage de précision. Elles permettent un traitement efficace de l'acier, des métaux non ferreux et des matériaux non métalliques. Leur principal atout réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à une conception géométrique optimisée et à des revêtements résistants à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et aux hautes températures, garantissant ainsi une efficacité et une durabilité élevées sous haute pression, à grande vitesse et dans des conditions de travail complexes. Élément clé de la fabrication de précision, le moule influence directement la précision du produit, la qualité de surface et les coûts de production. Il est largement utilisé dans les pièces automobiles, les composants électroniques et l'usinage mécanique. S'appuyant sur les dernières informations sur l'ensemble du réseau et les avancées technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications du moule.

Propriétés physiques et chimiques des moules en carbure cimenté

Les moules en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, $\text{VC} < 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique du moule est personnalisée en fonction de l'application, y compris les poinçons, les matrices ou les blocs de formage, avec une plage de tailles de $5 \text{ à } 50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ (selon la pièce), et est installée sur la base du moule (en acier allié à haute résistance, tel que Cr12MoV ou D2, dureté de trempe HRC $58 - 62 \pm 2$). Les méthodes de fixation comprennent le soudage par induction haute fréquence (température $1200 - 1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance de soudage $> 800 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) ou la fixation mécanique (force de fixation $> 15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$), garantissant un fonctionnement stable sous haute pression ($50 - 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, valeur de crête jusqu'à $500 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Des revêtements multicouches (tels que TiN, TiAlN ou AlCrN, épaisseur $0,5 - 3 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués sur la surface de travail, réduisant le coefficient de frottement à $< 0,2 \pm 0,05$, améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1,5 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique de moulage et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle d'entrée de $15^\circ - 30^\circ \pm 5^\circ$ et un angle d'inclinaison arrière de $5^\circ - 10^\circ \pm 2^\circ$, adapté à une variété

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de matériaux avec une résistance à la traction de 300-1000 MPa.

Caractéristiques et principe de fonctionnement des moules en carbure cimenté

Les propriétés matérielles des moules en carbure cimenté

WC offrent une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale offre une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation > 800°C±20°C, résistance à l'oxydation > 95%±2%) ; Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{IC} 12-16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5), et absorbe l'énergie d'impact (> 80 J±5 J, valeur de crête instantanée > 200 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,04 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m (de préférence < 0,02 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 µm±0,01 µm), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance au Cl⁻ > 3000 heures ±100 heures) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température (> 900 °C ± 20 °C pour maintenir 90 % ± 2 % de la dureté initiale, stabilité thermique > 95 % ± 2 %).

Principe de fonctionnement

La matrice est formée en matériaux métalliques ou non métalliques par extrusion et cisaillement sous l'action d'une machine d'emboutissage ou d'un équipement d'extrusion à froid (pression 50-300 MPa ± 10 MPa, vitesse 10-50 m/s ± 2 m/s, puissance 50-400 kW ± 50 kW). La surface de travail est soumise à une pression et une charge thermique élevées (température de surface 400-700 °C ± 50 °C, instantanée jusqu'à 900 °C ± 50 °C). L'acier de base assure le support structurel (résistance à la traction > 1 300 MPa ± 50 MPa), la conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m·K ± 2 W/m·K) et la résistance à la fatigue (durée de vie > 10⁶ fois ± 10⁵ fois, charge cyclique > 200 MPa ± 20 MPa). La conception précise du moule garantit un contrôle des tolérances de ± 0,01 mm ± 0,005 mm et une rugosité de surface Ra < 0,2 µm ± 0,05 µm.

Français Lors du traitement de l'acier à faible teneur en carbone (résistance à la traction 400 MPa), de l'alliage d'aluminium (500 MPa) et du plastique dur (300 MPa), la durée de vie optimisée du moule dépasse 500-800 heures ± 50 heures (selon la dureté du matériau), et l'efficacité de production atteint 1000-3000 pièces/h ± 100 pièces/h (jusqu'à 4000 pièces/h ± 100 pièces/h, puissance > 300 kW ± 50 kW). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente sur la surface, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 120 MPa ± 10 MPa.

Facteurs affectant les performances des moules en carbure cimenté

La teneur en Co de

6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. <6%±1% entraîne une augmentation de 10%±2% du taux de fissuration, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C). 8%-10%±0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

Français La granulométrie de

0,5-1 µm±0,01 µm réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,02 mm³ / N · m

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux matériaux de dureté moyenne, $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15 \% \pm 3 \%$ et réduit la ténacité de $10 \% \pm 2 \%$.

Angles géométriques

: l'angle de matrice de $15^\circ-30^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité du formage (pression $<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, consommation d'énergie $<20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $>35^\circ \pm 5^\circ$ réduit l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, $<15^\circ \pm 5^\circ$ conduit facilement à un risque de fissuration de $5 \% \pm 1 \%$.

Traitement de surface :

une épaisseur de surface de travail de $3 \text{ à } 5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (allongement de la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$), $<3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $>5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement TiAlN (épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt de $400 \text{ à } 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($<0,25 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Français L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC $58-62 \pm 2$, profondeur $2-4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) pour améliorer les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de $15\% \pm 3\%$, et le revenu ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ heures} \pm 0,5 \text{ heures}$) réduit la contrainte résiduelle de $5\% \pm 1\%$.

La

température de l'environnement de travail $>700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, la teneur en eau $>5\% \pm 1\%$ ou la teneur en impuretés $>3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$, et l'environnement contenant du Cl^- (concentration $>0,5\% \pm 0,1\%$) augmente le taux de corrosion à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Types de matrices en carbure

Les matrices d'emboutissage standard

sont adaptées à l'acier à faible teneur en carbone (résistance à la traction de $300 \text{ à } 500 \text{ MPa}$), avec une taille de $10 \text{ à } 20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, une excellente résistance à l'usure (durée de vie $>600 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$) et sont souvent utilisées pour les plaques automobiles. En 2024, le rendement de production d'un projet automobile est de $2\,000 \text{ pièces/h} \pm 100 \text{ pièces/h}$.

Les matrices d'étirage

sont adaptées aux alliages d'aluminium ($500 \text{ à } 700 \text{ MPa}$), avec une taille de $15 \text{ à } 30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, une forte résistance aux chocs ($>100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) et conviennent aux boîtiers électroniques. En 2023, la durée de vie d'une usine de composants électroniques est de $700 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$.

Les matrices d'extrusion à froid

sont utilisées pour l'acier à haute résistance ($800-1000 \text{ MPa}$), avec des dimensions de $20-50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, une excellente résistance aux hautes pressions ($>300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) et sont adaptées à l'usinage de roulements. En 2025, un projet de roulement présentait une résistance à la pression de $350 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Les moules de moulage spéciaux

comprennent des modèles résistants aux hautes températures ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, avec une température de $95\% \pm 2\%$) et à la corrosion, adaptés aux matériaux à haute température ou corrosifs, avec une durée de vie de $550 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$ en 2025.

Application des matrices en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les pièces automobiles

sont utilisées pour l'emboutissage de tôles (résistance à la traction 300-500 MPa), avec une durée de vie de 600-800 heures $\pm$ 50 heures, conformément aux normes QC/T 480. En 2024, la précision d'un certain projet automobile est de $\pm 0,01$ mm $\pm$ 0,005 mm.

Les composants électroniques

sont utilisés pour l'étirage d'alliages d'aluminium (500-700 MPa), et la résistance aux chocs (> 80 J, pic 200 J $\pm$ 10 J) garantit un formage efficace, conformément aux normes IPC-6012. En 2023, l'efficacité d'une certaine usine d'électronique est de 2500 pièces/h $\pm$ 100 pièces/h.

L'usinage

est utilisé pour l'extrusion à froid d'acier à haute résistance (800-1000 MPa), réduisant les déchets (< 2 % $\pm$ 0,5 %) et répondant aux normes ISO 286. En 2024, la rugosité de surface d'une certaine usine est $R_a < 0,2$ μ m $\pm$ 0,05 μ m.

Un environnement corrosif

est utilisé pour les matériaux contenant du sel, résistant à la corrosion par l'eau de mer (> 4000 heures $\pm$ 100 heures, résistance à la concentration en $Cl^- > 3,5$ % $\pm$ 0,5 %), conformément à la norme DNVGL-RP-C203. En 2025, la résistance à la corrosion d'un certain projet offshore est > 99 % $\pm$ 1 %.

Le moulage complexe

est utilisé pour les matériaux à haute température ou à dureté élevée, avec une résistance à l'usure > 95 % $\pm$ 2 %, et l'efficacité des tests en 2025 est de 2800 pièces/h $\pm$ 100 pièces/h.

Les pièces aéronautiques

sont utilisées pour l'emboutissage en alliage de titane (résistance à la traction 800-1200 MPa), avec une durée de vie de 500-700 heures $\pm$ 50 heures, conformément à la norme AMS 4911. En 2024, la tolérance d'un certain projet aéronautique est de $\pm 0,01$ mm $\pm$ 0,005 mm.

Les dispositifs médicaux

sont utilisés pour la traction de l'acier inoxydable (600-900 MPa), la résistance à la corrosion (> 3000 heures $\pm$ 100 heures), conformément à la norme ISO 13485. En 2023, l'efficacité d'une usine médicale est de 1500 pièces/h $\pm$ 100 pièces/h.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour l'extrusion à froid de corps de vannes haute pression (1 000-1 500 MPa), avec une résistance à la pression (> 400 MPa $\pm$ 10 MPa), conformément à la norme API 6A. En 2025, la durée de vie d'un projet énergétique est de 600 heures $\pm$ 50 heures.

La fabrication d'appareils électroménagers

est utilisée pour l'étirage de coques en aluminium (400-600 MPa), avec une finition de surface $R_a < 0,1$ μ m $\pm$ 0,05 μ m, conformément à la norme CEI 60335. En 2024, le rendement d'un projet d'appareils électroménagers est de 3 000 pièces/h $\pm$ 100 pièces/h.

Le matériel de construction

est utilisé pour l'extrusion à froid de boulons en acier (700-900 MPa), réduisant les déchets (< 1 % $\pm$ 0,5 %) et répondant à la norme ASTM A307. En 2023, la productivité d'un projet de construction est de 2 000 pièces/h $\pm$ 100 pièces/h.

Progrès technologique et développement futur

De nouveaux matériaux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

introduisent du nano WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir 95% $\pm$ 2%). Recherche en 2024 : résistance à l'oxydation du revêtement AlCrN (gain de poids d'oxygène $< 0,1\% \pm 0,05\%/h$). Capteur intégré

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05 \%$), surveillance en temps réel de l'usure (profondeur $> 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et de la température ($< 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), optimisation du cycle de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$), et une entreprise l'a testé avec succès en 2025.

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche $40\text{-}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des moules complexes, réduisant le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$, et la résistance atteindra $1\,600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ en 2024.

Adaptabilité environnementale :

Développement de moules résistants à la corrosion et aux hautes pressions (résistance à la pression $> 400 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), avec une résistance à la chaleur atteignant $98\% \pm 2\%$ d'ici 2025. Le recyclage

durable

de la poudre de WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les moules en carbure cémenté

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

- QC/T 480 (Norme de fabrication de pièces automobiles)
- IPC-6012 (Norme de fabrication de composants électroniques)
- ISO 286 (Spécifications et tolérances géométriques des produits)
- DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)
- GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)
- JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)
- DIN 17350 (norme allemande sur les matériaux métalliques)
- JIS B 4053 (norme japonaise de conception de moules)
- AMS 4911 (Norme sur les alliages de titane pour l'aérospatiale)
- ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)
- API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Que sont les outils en carbure ?

Les outils de coupe en carbure sont des outils hautes performances conçus pour la découpe, le formage et l'usinage des métaux. Largement utilisés en tournage, fraisage, perçage, emboutissage et autres procédés, ils permettent d'usiner efficacement l'acier, la fonte, les métaux non ferreux et les matériaux difficiles à usiner. Leur principal atout réside dans l'utilisation de carbures cémentés (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associés à une conception géométrique optimisée et à des revêtements résistants à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et aux hautes températures, garantissant ainsi une grande efficacité et une longue durée de vie sous des vitesses élevées, des charges élevées et des conditions de travail complexes. Éléments clés de l'usinage et de la fabrication de moules, les outils de coupe en carbure influencent directement la précision d'usinage, la qualité de surface et l'efficacité de la production. Ils sont largement utilisés dans les secteurs de l'automobile, de l'aérospatiale, de l'énergie et de la médecine.

Propriétés physiques et chimiques des outils en carbure cémenté

Les outils en carbure cémenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure et du cobalt (Co, $6 \%-12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complétés par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \%-2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \%-3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \%-1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Ils sont préparés par métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45-55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5-10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150-200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30-60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8-1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique de l'outil est personnalisée en fonction de l'application, y compris les outils de tournage, les fraises, les forets ou les poinçons, avec une largeur d'arête de coupe de $2 \text{ à } 20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une longueur de $50 \text{ à } 200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, montés sur un porte-outil ou une base de moule (en acier haute résistance tel que H13 ou Cr12MoV, dureté de trempe HRC $50-62 \pm 2$). La méthode de fixation comprend le serrage mécanique (force de serrage $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$) ou le soudage (résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) pour garantir un fonctionnement stable sous des forces ou pressions de coupe élevées ($50 \text{ à } 300 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$, valeur maximale jusqu'à $400 \text{ N} \pm 20 \text{ N}$). Des revêtements multicouches (tels que TiN, TiAlN ou Al_2O_3 , épaisseur $0,5-4 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués sur l'arête de coupe ou la surface de travail, réduisant le coefficient de frottement à $< 0,2 \pm 0,05$ et améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique de coupe/formage et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle de coupe de $5^\circ \text{ à } 15^\circ \pm 2^\circ$ et un angle de coupe arrière de $5^\circ \text{ à } 10^\circ \pm 2^\circ$, adapté à une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

variété de matériaux avec une résistance à la traction de 300 à 1 500 MPa.

Caractéristiques et principe de fonctionnement des outils en carbure cimenté

Français Les propriétés matérielles des outils en carbure cimenté

WC offrent une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale offre une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation > 800°C±20°C, résistance à l'oxydation > 95%±2%); Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{IC} 12-16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5), et absorbe l'énergie d'impact (> 60 J±5 J, valeur de crête instantanée > 150 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (de préférence < 0,015 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶/°C±0,5×10⁻⁶/°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 µm±0,01 µm), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance au Cl⁻ > 3000 heures±100 heures); TaC et NbC augmentent la dureté à haute température (> 900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale, stabilité thermique > 95%±2%).

Principe de fonctionnement des outils en carbure cimenté

Les outils traitent les matériaux par cisaillement, frottement ou extrusion sous l'action de machines-outils CNC, de poinçonneuses ou d'équipements de formage (vitesse de coupe 50-300 m/min±10 m/min ou pression 50-300 MPa±10 MPa, puissance 30-400 kW±50 kW). Le tranchant ou la surface de travail est soumis à des forces/pressions de coupe élevées et à des charges thermiques (température de surface 500-1000°C±50°C), et l'acier de base fournit un support structurel (résistance à la traction > 1200 MPa±50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m·K±2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois ± 10⁵ fois, charge cyclique > 150 MPa±20 MPa). La conception de précision des outils assure un contrôle de tolérance de ±0,01 mm±0,005 mm et une rugosité de surface Ra<0,1 µm±0,05 µm.

Français Le test de performance des outils en carbure cimenté

montre que la durée de vie optimisée de l'outil dépasse 300-600 heures ± 50 heures (selon le procédé) lors du traitement de l'acier 45# (résistance à la traction 600 MPa), de l'alliage d'aluminium (500 MPa), de l'alliage de titane (1000 MPa) ou de l'emboutissage de l'acier à faible teneur en carbone (400 MPa), et l'efficacité de coupe/formage atteint 100-500 cm³/min ± 10 cm³/min ou 1000-3000 pièces/h ± 100 pièces/h (puissance > 200 kW ± 50 kW). L'analyse SEM ne montre aucune fissuration évidente sur l'arête de coupe, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 120 MPa ± 10 MPa.

Facteurs affectant les performances des outils en carbure cimenté

La teneur en Co de

6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. <6%±1% entraîne une augmentation de 10%±2% du taux de fissuration, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE 6×10⁻⁶/°C±0,5×10⁻⁶/°C). 8%-10%±0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La granulométrie

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux matériaux de dureté moyenne, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15 \% \pm 3 \%$ et réduit la ténacité de $10 \% \pm 2 \%$.

Angle géométrique

L'angle de coupe de $5^\circ\text{-}15^\circ \pm 2^\circ$ ou l'angle de matrice de $15^\circ\text{-}30^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de coupe/formage (force de coupe $< 50 \text{ N} \pm 5 \text{ N}$ ou pression $< 50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, consommation d'énergie $< 15 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $> 15^\circ \pm 2^\circ$ ou $> 35^\circ \pm 5^\circ$ réduit l'efficacité de $10\% \pm 2\%$, $< 5^\circ \pm 2^\circ$ ou $< 15^\circ \pm 5^\circ$ conduit facilement à un risque d'écaillage/fracture de $5\% \pm 1\%$.

Le traitement de surface

de l'épaisseur du bord/de la surface de travail de $2\text{-}4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de $20\% \pm 3\%$), $< 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20\% \pm 3\%$, $> 4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de $15\% \pm 2\%$. Le revêtement TiAlN (épaisseur $0,5\text{-}2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt $400\text{-}500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,25 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC $50\text{-}62 \pm 2$, profondeur $1,5\text{-}4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe $850\text{-}900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) pour améliorer les performances de support. La durée de vie de la base non trempée est réduite de $15 \% \pm 3 \%$, et le revenu ($200\text{-}250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2\text{-}4 \text{ heures} \pm 0,5 \text{ heure}$) réduit la contrainte résiduelle de $5 \% \pm 1 \%$. Français

La

température de l'environnement de travail $> 800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de $3 \% \pm 1 \%$, la teneur en eau $> 5 \% \pm 1 \%$ ou la teneur en impuretés $> 3 \% \pm 0,5 \%$ augmente l'usure de $5 \% \pm 1 \%$, et l'environnement contenant du Cl^- (concentration $> 0,5 \% \pm 0,1 \%$) augmente le taux de corrosion à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Paramètres de l'équipement :

vitesse de coupe $50\text{-}300 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, vitesse d'avance $0,1\text{-}0,5 \text{ mm/r} \pm 0,05 \text{ mm/r}$ ou pression $50\text{-}300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, puissance $30\text{-}400 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ affectent la durée de vie et l'efficacité de l'outil. Des paramètres trop élevés ($> \text{limite supérieure } 10 \% \pm 1 \%$) réduisent la durée de vie de l'outil de $15 \% \pm 2 \%$.

Types d'outils en carbure

Les outils de tournage en carbure

conviennent à l'acier à faible teneur en carbone (résistance à la traction de $300 \text{ à } 600 \text{ MPa}$), avec une largeur d'arête de coupe de $5 \text{ à } 10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une durée de vie de plus de $400 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$, et sont souvent utilisés pour l'usinage d'arbres.

Les outils de fraisage en carbure

conviennent aux alliages d'aluminium ($500 \text{ à } 700 \text{ MPa}$), avec un diamètre de $10 \text{ à } 20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, une forte résistance aux chocs ($> 80 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$), et conviennent au fraisage plan.

Les outils de perçage en carbure

sont utilisés pour l'acier à haute résistance ($800 \text{ à } 1\,200 \text{ MPa}$), avec un diamètre de $5 \text{ à } 15 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, une excellente résistance aux hautes pressions ($> 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), et conviennent au

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

perçage de trous profonds.

Les outils d'emboutissage en carbure

conviennent à l'emboutissage d'aciers à faible teneur en carbone (400-600 MPa), avec une taille de 10-30 mm $\pm$ 1 mm et une résistance aux chocs ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$).

Les outils spéciaux en carbure

comprennent des modèles résistants aux hautes températures ($> 900 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, maintien de 95 % $\pm 2 \%$) et à la corrosion, adaptés aux alliages de titane et de nickel.

Application des outils en carbure cémenté

La fabrication automobile

est utilisée pour le tournage de cylindres de moteur (résistance à la traction 600-800 MPa), durée de vie 400-600 heures ± 50 heures, conformément aux normes QC/T 480.

L'aérospatiale

est utilisée pour le fraisage d'alliages de titane (1000-1500 MPa), résistance aux chocs ($> 60 \text{ J}$, pic $150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) pour assurer une coupe efficace, conformément aux normes AMS 4911.

Le traitement de moules

est utilisé pour le perçage de moules en acier (800-1000 MPa), réduisant les déchets ($< 2 \% \pm 0,5 \%$), conformément aux normes ISO 286.

L'environnement corrosif

est utilisé pour la découpe d'acier inoxydable contenant du sel, résistance à la corrosion par l'eau de mer (> 4000 heures ± 100 heures, résistance à la concentration en $\text{Cl}^- > 3,5 \% \pm 0,5 \%$), conformément aux normes DNVGL-RP-C203. Français

Le traitement complexe des matériaux

est utilisé pour le tournage d'alliages à base de nickel (1200-1500 MPa), résistance à l'usure $> 95 \% \pm 2 \%$, efficacité des tests en 2025.

L'équipement énergétique

est utilisé pour le fraisage des tiges de forage pétrolier (1000-1300 MPa), résistance à la pression ($> 200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), conforme aux normes API 6A.

Les composants électroniques

sont utilisés pour le perçage d'alliages d'aluminium (400-600 MPa), finition de surface $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, conforme aux normes IPC-6012.

La fabrication ferroviaire

est utilisée pour le tournage de rails (700-900 MPa), réduisant les déchets ($< 1 \% \pm 0,5 \%$), conforme aux normes EN 13674.

L'industrie de la construction navale

est utilisée pour le fraisage de plaques d'acier pour navires (600-800 MPa), résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, pic $120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), conforme aux normes ISO 8062. Français

L'équipement médical

est utilisé pour le perçage de l'acier inoxydable (600-900 MPa), résistant à la corrosion (> 3000 heures ± 100 heures), conforme aux normes ISO 13485.

La fabrication d'appareils électroménagers

est utilisée pour l'emboutissage de boîtiers en aluminium (400-600 MPa), avec une rugosité de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

surface de $Ra < 0,1 \mu m \pm 0,05 \mu m$, conformément aux normes IEC 60335. La

quincaillerie architecturale

est utilisée pour l'emboutissage de boulons en acier (700-900 MPa), réduisant les déchets ($< 1 \% \pm 0,5 \%$), conformément aux normes ASTM A307.

Progrès technologiques et développement futur des outils en carbure cimenté

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain $< 0,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), et ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 900^\circ C \pm 20^\circ C$ pour maintenir $95 \% \pm 2 \%$). Recherche en 2024 : Propriété antioxydante du revêtement $Al_2 O_3$ (gain de poids d'oxygène $< 0,1 \% \pm 0,05 \%/h$). Le capteur intégré

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$) surveille l'usure (profondeur $> 0,8 mm \pm 0,05 mm$) et la température ($< 900^\circ C \pm 20^\circ C$) en temps réel, optimise le cycle de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$), et une entreprise l'a testé avec succès en 2025.

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche $40-60 \mu m \pm 5 \mu m$) pour fabriquer des outils complexes, réduisant le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$ et atteignant une résistance de $1500 MPa \pm 50 MPa$ en 2024.

Adaptabilité environnementale

Développement d'outils résistants à la corrosion et aux hautes pressions (résistance à la pression $> 250 MPa \pm 10 MPa$), recyclage de la poudre WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$), réduction de l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les outils en carbure cimenté

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

- QC/T 480 (Norme de fabrication de pièces automobiles)
- AMS 4911 (Norme sur les alliages de titane pour l'aérospatiale)
- ISO 286 (Spécifications et tolérances géométriques des produits)
- DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)
- GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cimenté)
- JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)
- DIN 17350 (norme allemande sur les matériaux métalliques)
- JIS B 4053 (norme japonaise de conception de moules)
- API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)
- IPC-6012 (Norme de fabrication de composants électroniques)
- EN 13674 (norme ferroviaire)
- ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)
- ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)
- IEC 60335 (Norme de sécurité des appareils électroménagers)
- ASTM A307 (Norme pour les boulons de construction)

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



Que sont les outils de coupe en carbure ?

Les outils de coupe en carbure sont des outils hautement performants conçus pour l'usinage des métaux, le tournage, le fraisage et le perçage. Ils sont destinés à l'usinage efficace de l'acier, de la fonte, des métaux non ferreux et des matériaux difficiles à usiner. Leur principal atout réside dans l'utilisation de carbures cémentés (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associés à une géométrie d'outil optimisée et à des revêtements résistants à l'usure. Ils offrent une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et aux hautes températures, garantissant ainsi une grande efficacité et une longue durée de vie sous des vitesses élevées, des charges élevées et des conditions de travail complexes. Éléments clés de l'usinage mécanique, les outils de coupe influencent directement la précision d'usinage, la qualité de surface et l'efficacité de la production. Ils sont largement utilisés dans l'industrie automobile, l'aéronautique et le moulage. S'appuyant sur les dernières informations sur l'ensemble du réseau et les avancées technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant développe en détail les caractéristiques, les détails techniques et les applications des outils de coupe.

Propriétés physiques et chimiques des outils de coupe en carbure cémenté

Les outils de coupe en carbure cémenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Français Les méthodes courantes incluent le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) ou le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique de l'outil est personnalisée en fonction des exigences d'usinage. Il peut s'agir d'outils de tournage, de fraises ou de forets, avec une largeur de coupe de $2 \text{ à } 20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une longueur de $50 \text{ à } 150 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, montés sur un porte-outil (en acier haute résistance tel que H13 ou M2, dureté trempée HRC $50 - 58 \pm 2$). Les méthodes de fixation incluent le serrage mécanique (force de serrage $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$) ou le soudage (résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) pour garantir un fonctionnement stable sous des forces de coupe élevées ($50 \text{ à } 200 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$, valeur maximale jusqu'à $300 \text{ N} \pm 20 \text{ N}$). Des revêtements multicouches (tels que TiN, TiAlN ou Al_2O_3 , épaisseur $0,5 - 4 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués sur la surface de l'arête de coupe, réduisant le coefficient de frottement à $< 0,2 \pm 0,05$, améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle de coupe de $5^\circ - 15^\circ \pm 2^\circ$ et un angle de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

retour de $5^{\circ}\text{-}10^{\circ} \pm 2^{\circ}$, adapté à une variété de matériaux avec une résistance à la traction de 300 à 1500 MPa.

Caractéristiques

des outils de coupe en carbure cimenté WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale donne une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, résistance à l'oxydation $>95\% \pm 2\%$) ; Co améliore la ténacité par renforcement de la solution solide et déformation plastique (K_{IC} 12-16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), et absorbe l'énergie d'impact ($>60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $>150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 g/cm $^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. L'ajout de Cr $_3$ C $_2$ génère une couche protectrice de Cr $_2$ O $_3$ (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance au Cl $^-$ $> 3000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient 90% $\pm$ 2% de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement des outils de coupe en carbure cimenté

L'outil enlève de la matière par cisaillement et frottement sous l'action de machines-outils CNC ou de tours (vitesse de coupe 50-300 m/min $\pm$ 10 m/min, avance 0,1-0,5 mm/r $\pm$ 0,05 mm/r, puissance 30-250 kW $\pm$ 50 kW). Le tranchant est soumis à des forces de coupe et des charges thermiques élevées (température de surface 500-900 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, instantanée jusqu'à 1000 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), et l'acier du manche de l'outil fournit un support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 150 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception de précision de l'outil garantit que la tolérance est contrôlée à $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ et la rugosité de surface Ra $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$.

Les performances des outils de coupe en carbure cimenté

sont optimisées pour avoir une durée de vie de plus de 300 à 600 heures ± 50 heures (selon la dureté du matériau) lors du traitement de l'acier 45# (résistance à la traction 600 MPa), de l'alliage d'aluminium (500 MPa) et de l'alliage de titane (1000 MPa), avec une efficacité de coupe de 100 à 500 cm ^{3} /min $\pm 10 \text{ cm}^3$ /min (jusqu'à 600 cm ^{3} /min $\pm 10 \text{ cm}^3$ /min, puissance $> 200 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune fissuration évidente de l'arête de coupe, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95\% \pm 2\%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des outils de coupe en carbure cimenté

La teneur en Co de

6%-12% $\pm$ 1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. $< 6\% \pm 1\%$ entraîne une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

augmentation de $10\% \pm 2\%$ du taux de fissuration, $>12\% \pm 1\%$ réduit la dureté de $5\% \pm 1\%$ et augmente la dilatation thermique ($CTE 6 \times 10^{-6} / ^\circ C \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ C$). $8\% - 10\% \pm 0,5\%$ est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

Une granulométrie de

$0,5$ à $1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), une granulométrie de 1 à $1,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$ convient aux matériaux de dureté moyenne, une granulométrie $> 2 \mu m \pm 0,01 \mu m$ augmente le taux d'usure de $15\% \pm 3\%$ et réduit la ténacité de $10\% \pm 2\%$. Un angle de coupe

géométrique

de 5° à $15^\circ \pm 2^\circ$ optimise l'efficacité de coupe (force de coupe $< 50 \text{ N} \pm 5 \text{ N}$, consommation d'énergie $< 15 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), une granulométrie $> 15^\circ \pm 2^\circ$ réduit l'efficacité de $10\% \pm 2\%$, et une granulométrie $< 5^\circ \pm 2^\circ$ entraîne facilement un risque d'écaillage de $5\% \pm 1\%$. L'épaisseur des bords

du traitement de surface

de 2 à $4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (durée de vie prolongée de $20\% \pm 3\%$), $< 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20\% \pm 3\%$, $> 4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de $15\% \pm 2\%$. Le revêtement TiAlN (épaisseur $0,5$ à $2 \mu m \pm 0,1 \mu m$, température de dépôt 400 à $500^\circ C \pm 20^\circ C$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,25 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 900^\circ C \pm 20^\circ C$). La trempe de l'acier de tige

traité thermiquement

(dureté HRC $50 - 58 \pm 2$, profondeur $1,5 - 3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe $850 - 900^\circ C \pm 20^\circ C$) améliore les performances de support, réduit la durée de vie des tiges non trempées de $15\% \pm 3\%$, et le revenu ($200 - 250^\circ C \pm 10^\circ C$, $2 - 4 \text{ heures} \pm 0,5 \text{ heure}$) réduit les contraintes résiduelles de $5\% \pm 1\%$. Une température

de l'environnement de travail

$> 800^\circ C \pm 50^\circ C$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, une teneur en eau $> 5\% \pm 1\%$ ou une teneur en impuretés $> 3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$, et un environnement contenant du Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente le taux de corrosion à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Paramètres de l'équipement :

vitesse de coupe de 50 à $300 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, avance de $0,1$ à $0,5 \text{ mm/tr} \pm 0,05 \text{ mm/tr}$, puissance de 30 à $250 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$, ce qui affecte la durée de vie et le rendement de l'outil. Des paramètres trop élevés ($> 10\% \pm 1\%$) réduisent la durée de vie de l'outil de $15\% \pm 2\%$.

Types d'outils de coupe en carbure

Les outils de tournage standard

sont adaptés à l'acier à faible teneur en carbone (résistance à la traction de 300 à 600 MPa), avec une largeur d'arête de coupe de 5 à $10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une durée de vie de $> 400 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$, et sont souvent utilisés pour l'usinage d'arbres.

Les outils de fraisage

sont adaptés aux alliages d'aluminium (500 à 700 MPa), avec un diamètre de 10 à $20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, une forte résistance aux chocs ($> 80 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$), et conviennent au fraisage plan. Les forets

sont

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

utilisés pour l'acier à haute résistance (800 à 1 200 MPa), avec un diamètre de 5 à 15 mm $\pm$ 0,5 mm, une excellente résistance aux hautes pressions ($> 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), et conviennent au perçage de trous profonds.

Les outils de coupe spéciaux

comprennent des types résistants aux hautes températures ($> 900 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$ pour maintenir 95 % ± 2 %) et à la corrosion, adaptés aux alliages de titane ou aux alliages à base de nickel.

Application des outils de coupe en carbure cémenté

Fabrication automobile

, utilisée pour le tournage des cylindres de moteur (résistance à la traction 600-800 MPa), durée de vie 400-600 heures $\pm$ 50 heures, conformément aux normes QC/T 480.

Français L'aérospatiale

est utilisée pour le fraisage des alliages de titane (1000-1500 MPa), la résistance aux chocs ($> 60 \text{ J}$, pic $150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) pour assurer une coupe efficace, conformément aux normes AMS 4911.

Le traitement des moules

est utilisé pour le perçage des moules en acier (800-1000 MPa), réduisant les déchets ($< 2 \% \pm 0,5 \%$), et répondant aux normes ISO 286.

Un environnement corrosif

est utilisé pour la coupe de l'acier inoxydable contenant du sel, résistance à la corrosion par l'eau de mer ($> 4000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$, résistance à la concentration en $\text{Cl}^- > 3,5 \% \pm 0,5 \%$), conformément aux normes DNVGL-RP-C203.

Le traitement des matériaux complexes

est utilisé pour le tournage des alliages à base de nickel (1200-1500 MPa), résistance à l'usure $> 95 \% \pm 2 \%$.

L'équipement énergétique

est utilisé pour le fraisage des tiges de forage pétrolier (1000-1300 MPa), résistance à la pression ($> 200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), répondant aux normes API 6A.

Les composants électroniques

sont appliqués au perçage d'alliages d'aluminium (400-600 MPa), avec une finition de surface $\text{Ra} < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, conformément à la norme IPC-6012.

Fabrication ferroviaire

pour tournage de rails (700-900 MPa) avec chutes réduites ($< 1\% \pm 0,5\%$), répondant aux normes EN 13674.

Industrie de la construction navale

: utilisé pour le fraisage de tôles d'acier pour navires (600-800 MPa), résistance aux chocs ($> 50 \text{ J}$, pic $120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), conformément à la norme ISO 8062.

Équipement médical :

utilisé pour le perçage de l'acier inoxydable (600-900 MPa), résistance à la corrosion ($> 3000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$), conformément à la norme ISO 13485.

Progrès technologiques et développement futur des outils de coupe en carbure cémenté

Nouveaux matériaux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Français L'introduction de nano-WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) améliore la dureté (HV 2200-2600 ± 50), et l'ajout de TaC et NbC améliore la stabilité à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ maintient $95\% \pm 2\%$). Des capteurs intégrés

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 0,8 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et la température ($< 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) en temps réel, optimisant les cycles de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$).

La technologie d'impression 3D

utilise SLM (épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des outils complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$.

L'adaptabilité environnementale

développe des outils résistants à la corrosion et aux hautes pressions (résistance à la pression $> 250 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) Le recyclage

durable

de la poudre WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (réduction des émissions de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les outils de coupe en carbure cémenté

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

- QC/T 480 (Norme de fabrication de pièces automobiles)
- AMS 4911 (Norme sur les alliages de titane pour l'aérospatiale)
- ISO 286 (Spécifications et tolérances géométriques des produits)
- DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)
- GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)
- JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)
- DIN 17350 (norme allemande sur les matériaux métalliques)
- JIS B 4053 (norme japonaise de conception de moules)
- API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)
- IPC-6012 (Norme de fabrication de composants électroniques)
- EN 13674 (norme ferroviaire)
- ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)
- ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)

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

Qu'est-ce qu'une filière d'extrusion en carbure ?

Les filières d'extrusion en carbure sont des outils hautes performances conçus pour l'extrusion à froid, l'extrusion à chaud et le moulage de précision. Elles permettent d'usiner efficacement l'acier à haute résistance, les métaux non ferreux et les pièces de formes complexes. Leur principal atout réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associés à une structure géométrique optimisée et à un revêtement résistant à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et aux hautes températures, garantissant ainsi un rendement élevé et une longue durée de vie sous haute pression, haute température et dans des conditions de travail complexes. Éléments clés de la fabrication de précision, les filières d'extrusion en carbure sont largement utilisées dans la fabrication de pièces de transmission automobile, de pièces structurales pour l'aéronautique et de connecteurs électroniques. Leurs performances et leur fiabilité inégalées influencent directement la précision des pièces, la qualité de surface et les coûts de production. Les progrès technologiques réalisés dans ce secteur en 2025 ont encore accru son potentiel d'application, et les dernières données montrent que leurs performances dans l'usinage des matériaux à haute résistance sont particulièrement remarquables.

Propriétés physiques et chimiques des filières d'extrusion en carbure cimenté

Les filières d'extrusion en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 8 %-12 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, VC < 1 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C ± 10°C, pression 150-200 MPa ± 5 MPa, temps de maintien 30-60 min ± 5 min) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C ± 10°C, pression 45-55 MPa ± 1 MPa, temps de maintien 5-10 min ± 1 min), garantissant que le matériau atteint 99,9% ± 0,1% de la densité théorique et que la porosité est < 0,1% ± 0,05%. La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm ± 0,01 μm (de préférence 0,8-1,2 μm ± 0,01 μm), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint 95 % ± 2 % (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est > 98 % ± 1 %.

La conception géométrique de la matrice est personnalisée en fonction des exigences d'extrusion, notamment le cylindre d'extrusion, le poinçon ou la matrice, avec une plage de dimensions de 10 à 50 mm ± 1 mm (selon la pièce), monté sur la base de la matrice (en acier allié haute résistance, tel que H13 ou D2, dureté de trempe HRC 50-58 ± 2). Les méthodes de fixation incluent le soudage par induction haute fréquence (température 1200-1300 °C ± 20 °C, résistance de soudage > 800 MPa ± 50 MPa) ou la fixation mécanique (force de fixation > 15 kN ± 1 kN), garantissant un fonctionnement stable sous haute pression (200-500 MPa ± 20 MPa, valeur de pointe jusqu'à 600 MPa ± 30 MPa). La surface de travail peut être revêtue de plusieurs couches (TiN, TiAlN ou AlCrN, épaisseur 1-3 μm ± 0,1 μm), le coefficient de frottement est réduit à < 0,2 ± 0,05, et la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence < 1,5 % ± 0,5 %) sont améliorées. La conception intègre

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la mécanique d'extrusion et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle d'entrée de 15° - $30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ et un angle d'inclinaison arrière de 5° - $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$, adapté à une variété de matériaux avec une résistance à la traction de 600 à 1 500 MPa.

Caractéristiques des filières d'extrusion en carbure cimenté

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, résistance à l'oxydation $>95\% \pm 2\%$) ; le Co améliore la ténacité (K_{Ic} 12-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $>250 \text{ J} \pm 20 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,02 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 $\text{g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 génère une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance au Cl^- $> 3000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient 90% $\pm$ 2% de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement de la filière d'extrusion en carbure cimenté

La filière est utilisée pour former des matériaux métalliques par extrusion et déformation plastique sous l'action d'une presse hydraulique ou d'un équipement d'extrusion (pression 200-500 $\text{MPa} \pm 20 \text{ MPa}$, vitesse 5-20 $\text{m/s} \pm 2 \text{ m/s}$, puissance 100-500 $\text{kW} \pm 50 \text{ kW}$). La surface de travail est soumise à une pression élevée et à une charge thermique (température de surface 500-1000 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, jusqu'à 1100 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ pendant l'extrusion à chaud), et l'acier de base fournit un support structurel (résistance à la traction $> 1300 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 $\text{W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 250 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception de précision du moule garantit que la tolérance est contrôlée à $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ et la rugosité de surface $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$.

Français Les performances des filières d'extrusion en carbure cimenté

sont optimisées pour avoir une durée de vie de plus de 400 à 700 heures ± 50 heures lors du traitement d'acier à haute résistance (1000 MPa), d'alliage d'aluminium (600 MPa) ou d'alliage de cuivre (500 MPa), et une efficacité de production de 500 à 2000 pièces/h ± 100 pièces/h (jusqu'à 2500 pièces/h ± 100 pièces/h, puissance $> 400 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente sur la surface, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95\% \pm 2\%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des filières d'extrusion en carbure cimenté

La teneur en Co de

8%-12% $\pm$ 1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. $< 8\% \pm 1\%$ conduit à une augmentation du taux de fissures de 10% $\pm$ 2%. $> 12\% \pm 1\%$ réduit la dureté de 5% $\pm$ 1% et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$). 9%-11% $\pm$ 0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La granulométrie

de $0,5$ à $1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,02\ \text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à $1,5\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ convient aux matériaux de dureté moyenne, $> 2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15\ \% \pm 3\ \%$ et réduit la ténacité de $10\ \% \pm 2\ \%$.

Angles géométriques

: l'angle de filière de 15° à $30^\circ \pm 5^\circ$ optimise l'efficacité de l'extrusion (pression $< 200\ \text{MPa} \pm 10\ \text{MPa}$, consommation d'énergie $< 25\ \text{kWh/m}^3 \pm 2\ \text{kWh/m}^3$), $> 35^\circ \pm 5^\circ$ réduit l'efficacité de $10\ \% \pm 2\ \%$, $< 15^\circ \pm 5^\circ$ entraîne facilement un risque de fissuration de $5\ \% \pm 1\ \%$.

Traitement de surface :

une épaisseur de surface de travail de 3 à $5\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ améliore la résistance à l'usure (allongement de la durée de vie de $20\ \% \pm 3\ \%$), $< 3\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ réduit la durée de vie de $20\ \% \pm 3\ \%$, $> 5\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ Le coût du mm augmente de $15\ \% \pm 2\ \%$. Le revêtement TiAlN (épaisseur 1 à $2\ \mu\text{m} \pm 0,1\ \mu\text{m}$, température de dépôt 400 à $500\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,25 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la chaleur ($> 1\ 000\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$). L'acier de base

traité thermiquement

est trempé (dureté HRC $50-58 \pm 2$, profondeur $2-4\ \text{mm} \pm 0,2\ \text{mm}$, température de trempe $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) pour améliorer les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de $15\% \pm 3\%$, et le revenu ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4$ heures $\pm 0,5$ heures) réduit la contrainte résiduelle de $5\% \pm 1\%$.

La

température de l'environnement de travail $> 1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, la teneur en eau $> 5\% \pm 1\%$ ou la teneur en impuretés $> 3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$, et l'environnement contenant du Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente le taux de corrosion à $0,015\ \text{mm/an} \pm 0,002\ \text{mm/an}$.

Les paramètres de l'équipement

(pression $200-500\ \text{MPa} \pm 20\ \text{MPa}$, vitesse $5-20\ \text{m/s} \pm 2\ \text{m/s}$, puissance $100-500\ \text{kW} \pm 50\ \text{kW}$) affectent la durée de vie et l'efficacité du moule. Des paramètres excessifs ($> 10\ \% \pm 1\ \%$) réduisent la durée de vie de $15\ \% \pm 2\ \%$.

Types de filières d'extrusion en carbure

Les filières d'extrusion à froid conviennent à l'acier à haute résistance ($800-1200\ \text{MPa}$), avec une taille de $20-50\ \text{mm} \pm 1\ \text{mm}$, une excellente résistance à haute pression ($> 400\ \text{MPa} \pm 20\ \text{MPa}$), et sont souvent utilisées pour les arbres de transmission.

Les filières d'extrusion à chaud

conviennent aux alliages d'aluminium ($500-700\ \text{MPa}$), avec une taille de $15-40\ \text{mm} \pm 1\ \text{mm}$, une forte résistance à haute température ($> 1000\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\ \% \pm 2\ \%$), et sont utilisées pour les pièces de structure aéronautique.

Les filières de formage de précision

sont utilisées pour les alliages de cuivre ou l'acier inoxydable ($600-1000\ \text{MPa}$), avec une taille de $10-30\ \text{mm} \pm 1\ \text{mm}$, une haute précision (tolérance $\pm 0,01\ \text{mm} \pm 0,005\ \text{mm}$), et sont adaptées aux connecteurs électroniques.

Les matrices d'extrusion spéciales

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

comprennent des types résistants à la corrosion et à ultra-haute pression (résistance à la pression > 500 MPa ± 20 MPa), adaptés aux environnements extrêmes.

Français Application des matrices d'extrusion en carbure

Les pièces de transmission automobile

sont utilisées pour l'extrusion à froid des arbres de transmission (1000-1200 MPa), avec une durée de vie de 500-700 heures ± 50 heures, conformément aux normes QC/T 480.

Les pièces structurelles aéronautiques

sont utilisées pour l'extrusion à chaud des alliages d'aluminium (500-700 MPa), et la résistance aux hautes températures (> 1000 °C ± 20 °C) garantit un formage efficace, conformément aux normes AMS 4911.

Les connecteurs électroniques

sont utilisés pour l'extrusion de précision des alliages de cuivre (500-800 MPa), avec une rugosité de surface de $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, conforme aux normes IPC-6012.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour l'extrusion de corps de vannes haute pression (1200-1500 MPa), avec une résistance à la pression (> 500 MPa ± 20 MPa), conformément aux normes API 6A. Français

L'environnement corrosif

est adapté à l'extrusion d'acier inoxydable contenant du sel, anti-corrosion par l'eau de mer (> 4000 heures ± 100 heures, résistance à la concentration de $\text{Cl}^- > 3,5 \% \pm 0,5 \%$), conformément à la norme DNVGL-RP-C203.

Les dispositifs médicaux

sont utilisés pour l'extrusion de précision en acier inoxydable (600-900 MPa), résistance à la corrosion (> 3000 heures ± 100 heures), conformément à la norme ISO 13485.

Les composants ferroviaires

sont utilisés pour l'extrusion à froid de bagues en acier (800-1000 MPa), réduisant les déchets (< 2 % ± 0,5 %), conformément à la norme EN 13674.

L'industrie de la construction navale

est utilisée pour l'extrusion à chaud d'alliages d'aluminium marins (500-700 MPa), résistance aux chocs (> 100 J ± 10 J), conformément à la norme ISO 8062.

La quincaillerie de construction

est utilisée pour l'extrusion d'écrous en acier (700-900 MPa), avec une finition de surface $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, conformément à la norme ASTM A307.

La fabrication d'appareils électroménagers

pour boîtiers en aluminium est réalisée par extrusion à froid (400-600 MPa), avec une précision de $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$, conformément à la norme CEI 60335.

Progrès technologique et développement futur des filières d'extrusion en carbure cémenté

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain < $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600±50), et ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température (> 1000°C±20°C pour maintenir 95%±2%). Des capteurs intégrés

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure (profondeur $> 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et la température ($< 1100^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) en temps réel, et optimisent les cycles de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$).

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche $40\text{-}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des moules complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$.

L'adaptabilité environnementale

permet de développer des moules résistants à la corrosion et ultra-haute pression (résistance à la pression $> 600 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Le recyclage

durable

de la poudre de WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément à la norme ISO 14040.

Normes nationales et internationales pertinentes

QC/T 480 (Normes de fabrication de pièces automobiles)

AMS 4911 (Norme sur les alliages de titane pour l'aérospatiale)

IPC-6012 (Norme de fabrication de composants électroniques)

ISO 286 (Spécifications et tolérances géométriques des produits)

DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)

GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)

JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)

DIN 17350 (norme allemande sur les matériaux métalliques)

API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)

ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)



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

Jointes de contrôle des fluides en carbure.

Les jointes de contrôle des fluides en carbure sont des composants d'étanchéité hautes performances conçus pour les environnements haute pression, haute corrosion et haute température. Ils sont largement utilisés dans les secteurs du pétrole et du gaz, de l'industrie chimique, de l'aérospatiale et du traitement des eaux. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision et à des revêtements anticorrosion, pour offrir une excellente dureté, résistance à l'usure, à la corrosion et aux hautes températures, garantissant ainsi le maintien de l'étanchéité et une fiabilité à long terme dans des conditions de travail extrêmes. Composants clés des systèmes de contrôle des fluides, les jointes en carbure sont devenues des protections fiables dans les environnements d'ingénierie complexes grâce à leurs caractéristiques robustes et à leur rendement élevé, affectant directement l'efficacité du système, le taux de fuite et la durée de vie des équipements.

Propriétés physiques et chimiques des jointes de contrôle de fluide en carbure cimenté

Les jointes en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 10 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance à la corrosion. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \sqrt{d}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des jointes de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique du joint est personnalisée en fonction des exigences de l'application, notamment pour les jointes annulaires, les sièges de vanne ou les manchons, avec une plage de dimensions de $5 \text{ à } 50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ (selon la canalisation), installés sur un substrat en acier inoxydable ou en alliage de titane (résistance à la traction $> 1000 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, dureté HRC $40 - 50 \pm 2$). Les méthodes de fixation incluent l'emmanchement mécanique (force d'emmanchement $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$) ou le soudage haute fréquence (résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), garantissant un fonctionnement stable sous haute pression ($50 \text{ à } 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, valeur de pointe jusqu'à $400 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Des revêtements multicouches (TiN, CrN ou WC/C, d'une épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués sur la surface d'étanchéité, réduisant ainsi le coefficient de frottement à $< 0,15 \pm 0,05$ et améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1 \% \pm 0,5 \%$). La conception associe mécanique des fluides et optimisation de la conduction thermique, avec un angle de contact de $5^\circ \text{ à } 15^\circ \pm 2^\circ$ et convient à des températures de fonctionnement comprises entre -50°C et $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Les propriétés matérielles des jointes de contrôle de fluide en carbure cimenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC offrent une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation > 800°C±20°C, résistance à l'oxydation > 95%±2%); Co améliore la ténacité (K_{Ic} 12-16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact (> 50 J ± 5 J, valeur de crête instantanée > 120 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (de préférence < 0,015 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 µm±0,01 µm), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance au Cl⁻ > 5000 heures±200 heures); TaC et NbC augmentent la dureté à haute température (> 900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale, stabilité thermique > 95%±2%).

Principe de fonctionnement des joints de contrôle de fluide en carbure cémenté Les joints

empêchent les fuites de fluide par contact étroit et déformation élastique sous l'action de vannes, pompes ou systèmes de canalisations (pression 50-300 MPa±10 MPa, débit 1-10 m/s±1 m/s, puissance 50-300 kW±50 kW). La surface d'étanchéité est soumise à une pression élevée et à une charge thermique (température de surface -50°C à 500°C±20°C, extrême jusqu'à 600°C±30°C), et le matériau de la matrice fournit un support structurel (résistance à la traction > 1000 MPa±50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 30-40 W/m·K±2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois±10⁵ fois, charge cyclique > 150 MPa±20 MPa). La conception de précision du joint garantit que la tolérance est contrôlée à ±0,005 mm±0,002 mm, la rugosité de surface Ra<0,1 µm±0,05 µm et le taux de fuite est < 0,001 ml/min±0,0005 ml/min.

Français Les performances des joints de contrôle de fluide en carbure cémenté sont optimisées pour avoir une durée de vie de plus de 500 à 800 heures ± 50 heures lors du

traitement de gaz naturel à haute pression (200 MPa), d'eau de mer (contenant Cl⁻ > 3 % ± 0,5 %) ou de vapeur à haute température (400 °C ± 20 °C), et une efficacité d'étanchéité de 99,99 % ± 0,01 % (taux de fuite < 0,001 ml/min ± 0,0005 ml/min). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente sur la surface, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 100 MPa ± 10 MPa.

Facteurs affectant les performances des joints de contrôle de fluide en carbure cémenté La teneur en Co de

6%-10%±1% atteint le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, <6%±1% conduit à une augmentation du taux de fissures de 10%±2%, >10%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C), et 7%-9%±0,5% est préféré pour prendre en compte à la fois les performances et le coût.

Une granulométrie de

0,5 à 1 µm ± 0,01 µm réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,015 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), une granulométrie de 1 à 1,5 µm ± 0,01 µm convient aux environnements à moyenne pression, une granulométrie supérieure à 2 µm ± 0,01 µm augmente le taux d'usure de 15 % ± 3 % et réduit la ténacité de 10 % ± 2 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Un angle de contact géométrique

de 5° à $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ optimise les performances d'étanchéité (taux de fuite $< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$), une granulométrie supérieure à $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ réduit l'efficacité d'étanchéité de $5 \% \pm 1 \%$, et une granulométrie inférieure à $5^{\circ} \pm 2^{\circ}$ entraîne facilement un risque de contact irrégulier de $5 \% \pm 1 \%$. L'épaisseur de la surface d'étanchéité

du traitement

de surface de $2-3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (durée de vie prolongée de $20 \% \pm 3 \%$), $< 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $> 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement CrN (épaisseur $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt $400-450^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,2 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la corrosion (résistance Cl^{-} $> 6\,000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$).

Traitement thermique :

La trempe du matériau de base (dureté HRC $40-50 \pm 2$, profondeur $1-3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe $800-850^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) améliore les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de $15\% \pm 3\%$, et le revenu ($200-250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $2-4 \text{ heures} \pm 0,5 \text{ heures}$) réduit la contrainte résiduelle de $5\% \pm 1\%$. Une température

de l'environnement de travail

$> 500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, une teneur en eau $> 5\% \pm 1\%$ ou une teneur en impuretés $> 3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$, et le taux de corrosion dans l'environnement Cl^{-} (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Les paramètres de l'équipement (

pression $50-300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, débit $1-10 \text{ m/s} \pm 1 \text{ m/s}$, puissance $50-300 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) affectent la durée de vie et l'efficacité des joints. Des paramètres excessifs ($> 10 \% \pm 1 \%$) réduisent la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$.

Types de joints de contrôle de fluide en carbure

Les joints annulaires

conviennent aux vannes haute pression ($100-200 \text{ MPa}$), avec une taille de $10-30 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une excellente résistance à la pression ($> 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

Les joints de siège

conviennent aux pompes chimiques ($50-150 \text{ MPa}$), avec une taille de $5-20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une forte résistance à la corrosion (résistance Cl^{-} $> 5000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$).

Les joints à manchon

sont utilisés dans les systèmes hydrauliques aéronautiques ($200-300 \text{ MPa}$), avec une taille de $15-40 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une résistance aux hautes températures ($> 500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$).

Les joints spéciaux

comprennent des types ultra-hautes températures ($> 600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) et ultra-corrosifs pour les environnements extrêmes.

Application des joints de contrôle de fluide en carbure cimenté

Le pétrole et le gaz

sont utilisés pour les vannes de gaz naturel haute pression ($200-300 \text{ MPa}$), avec une durée de vie de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

600-800 heures $\pm$ 50 heures, conformément aux normes API 6A.

L'industrie chimique

est utilisée pour les pompes à fluides corrosifs (50-150 MPa), résistantes à la corrosion Cl^- (> 5000 heures $\pm$ 200 heures), conformément aux normes ISO 10423.

L'aérospatiale

est utilisée pour les joints de systèmes hydrauliques (200-300 MPa), résistants aux hautes températures ($> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) pour assurer la fiabilité, conformément aux normes AMS 2750.

Le traitement de l'eau

est adapté aux canalisations d'eau de mer (pression 50-100 MPa), anticorrosion par l'eau de mer (> 6000 heures $\pm$ 200 heures), conformément aux normes DNVGL-RP-C203. Français

L'équipement énergétique

est utilisé pour les vannes à vapeur haute température (300-400 MPa), résistance à la chaleur ($> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), conformément aux normes ASME B16.34.

L'équipement médical

est utilisé pour la distribution de liquides haute pression (50-100 MPa), résistance à la corrosion ($> 4\,000$ heures $\pm$ 100 heures), conformément aux normes ISO 13485.

L'industrie de la construction navale

est utilisée pour les systèmes de refroidissement par eau de mer (50-150 MPa), résistance aux chocs ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$), conformément aux normes ISO 8062.

La fabrication électronique

est utilisée pour le contrôle des gaz de procédé des semi-conducteurs (100-200 MPa), rugosité de surface $R_a < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$, conformément aux normes SEMI F19.

Le transport ferroviaire

est utilisé pour les systèmes de freinage haute pression (150-250 MPa), réduction des fuites ($< 0,001\text{ ml/min} \pm 0,0005\text{ ml/min}$), conformément à la norme EN 13452.

Les canalisations de bâtiment

sont utilisées pour l'étanchéité des conduites d'eau haute pression (50-100 MPa), résistance à l'usure $> 95\% \pm 2\%$, conformément à la norme ASTM F1476.

Normes nationales et internationales pour les joints de contrôle de fluide en carbure cémenté

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)

ISO 10423 (Norme relative aux vannes et aux équipements de tête de puits)

AMS 2750 (Norme relative au traitement thermique aérospatial)

DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)

ASME B16.34 (Norme de classification de la pression et de la température des vannes)

ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)

ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)

SEMI F19 (Norme de fabrication de semi-conducteurs)

EN 13452 (Norme relative aux systèmes de freinage ferroviaire)

ASTM F1476 (Norme pour les systèmes de tuyauterie)

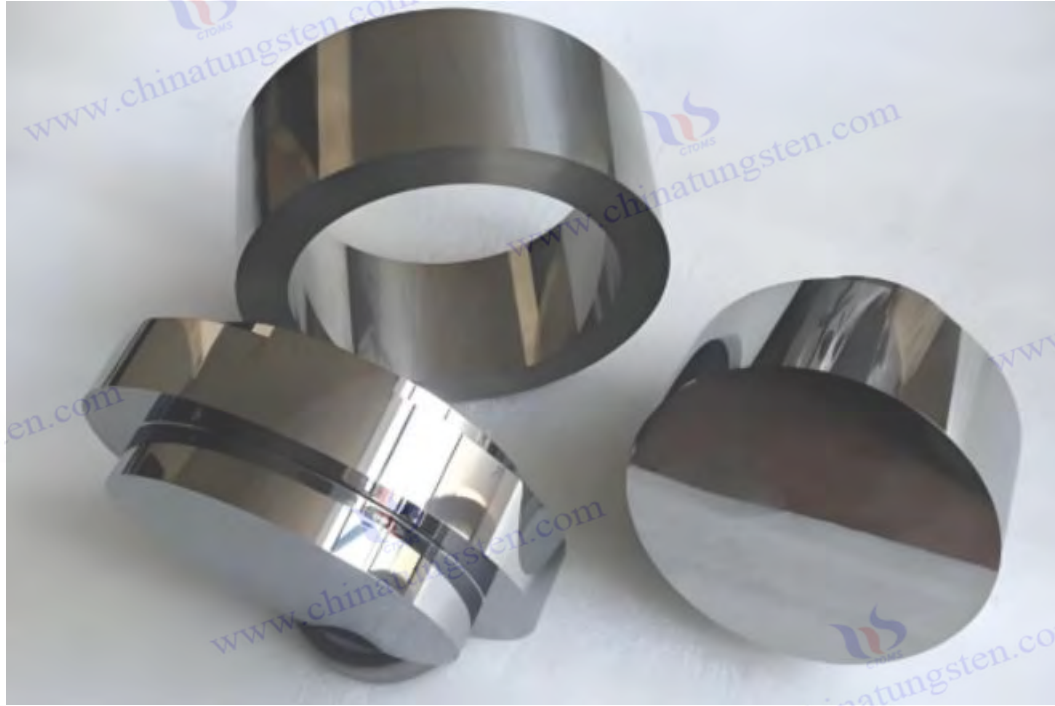
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)

JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)



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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Filières de tréfilage en carbure

Les filières de tréfilage en carbure sont des filières hautes performances conçues pour l'étirage de fils, barres et tubes métalliques. Elles sont largement utilisées dans les fils et câbles, les pièces automobiles et la fabrication de précision. Leur principal atout réside dans l'utilisation de carbures (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associés à un moulage de précision et à des revêtements résistants à l'usure. Ces matériaux offrent une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et aux hautes températures, garantissant ainsi une grande efficacité et une longue durée de vie sous des forces d'étirage élevées, à grande vitesse et dans des conditions de travail complexes. Éléments clés du processus d'étirage, les filières de tréfilage en carbure influencent directement la précision du fil, la qualité de surface et l'efficacité de la production grâce à leur excellente précision et leur durabilité. L'innovation technologique de 2025 les rend particulièrement performantes pour le traitement des matériaux à haute résistance.

Propriétés physiques et chimiques des filières de tréfilage en carbure cémenté

Les filières de tréfilage en carbure cémenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 %-10 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 %-2 % ± 0,1 %, VC < 1 % ± 0,1 %, TaC 1 %-3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 %-1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance aux hautes températures. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min), garantissant que le matériau atteint 99,9%±0,1% de la densité théorique et que la porosité est <0,1%±0,05%. La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 µm±0,01 µm (de préférence 0,8-1,2 µm±0,01 µm), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint 95 %±2 % (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est > 98 %±1 %.

La conception géométrique de la filière de tréfilage est personnalisée en fonction du diamètre du fil, avec un trou conique et une zone de compression. Le diamètre intérieur du trou est compris entre 0,1 et 20 mm ± 0,01 mm et la longueur de la filière est comprise entre 20 et 50 mm ± 1 mm. La filière est montée sur un manchon en acier (résistance à la traction > 1 200 MPa ± 50 MPa, dureté HRC 45-55 ± 2). Les méthodes de fixation incluent l'emmanchement mécanique (force d'emmanchement > 12 kN ± 1 kN) ou le collage (force de collage > 600 MPa ± 50 MPa), garantissant un fonctionnement stable sous des forces d'emboutissage élevées (50 à 300 N ± 10 N, avec une valeur maximale de 400 N ± 20 N). Des revêtements multicouches (TiN, TiAlN ou DLC, d'une épaisseur de 0,5 à 2 µm ± 0,1 µm) peuvent être appliqués sur la surface du trou de la matrice, réduisant ainsi le coefficient de frottement à < 0,1 ± 0,05 et améliorant la résistance à l'usure et le lissé (rugosité de surface Ra < 0,05 µm ± 0,02 µm). La conception intègre la mécanique d'emboutissage et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle de cône de 10° à 20° ± 2° et un taux de compression de 1,2 à 2,0 ± 0,1, adapté à une variété de matériaux présentant une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance à la traction de 300 à 1 500 MPa.

Les propriétés matérielles des filières de tréfilage en carbure cimenté

WC offrent une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale offre une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation > 800°C±20°C, résistance à l'oxydation > 95%±2%) ; Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{1c} 12-16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5), et absorbe l'énergie d'impact (> 60 J±5 J, valeur de crête instantanée > 150 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,02 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m (de préférence < 0,01 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur < 0,1 µm±0,01 µm), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion < 0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance au Cl⁻ > 3000 heures±100 heures) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température (> 900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale, stabilité thermique > 95%±2%).

Principe de fonctionnement de la filière de tréfilage en carbure

La filière de tréfilage étire le matériau métallique par compression et déformation plastique du trou de filière sous l'action de la machine à tréfiler (vitesse d'étirage 5-50 m/s±2 m/s, force d'étirage 50-300 N±10 N, puissance 20-200 kW±50 kW). La surface du trou de filière est soumise à un frottement élevé et à une charge thermique (température de surface 100-400°C±20°C), et le manchon de filière fournit un support structurel (résistance à la traction > 1200 MPa±50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m·K±2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois ± 10⁵ fois, charge cyclique > 150 MPa ± 20 MPa). La conception de précision de la matrice de tréfilage garantit que la tolérance est contrôlée à ±0,005 mm±0,002 mm, la rugosité de surface Ra<0,05 µm±0,02 µm et l'écart de diamètre du fil est < 0,01 mm±0,005 mm.

Performances des filières de tréfilage en carbure cimenté

Dans les conditions de tréfilage de fil de cuivre (résistance à la traction 400 MPa), de fil d'acier (1000 MPa) ou de fil d'aluminium (300 MPa), la durée de vie optimisée de la filière de tréfilage dépasse 500-800 heures ± 50 heures, et l'efficacité de production atteint 100-500 m/min ± 10 m/min (puissance > 100 kW ± 50 kW). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente du trou de filière, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 120 MPa ± 10 MPa.

Facteurs affectant les performances des matrices de tréfilage en carbure cimenté Une teneur en Co de

6%-10%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, < 6%±1% conduit à une augmentation du taux de fissures de 10%±2%, > 10%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C), et 7%-9%±0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

Français La granulométrie de

0,5-1 µm±0,01 µm réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,01 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), 1-1,5 µm±0,01 µm convient aux matériaux de dureté moyenne, > 2 µm±0,01

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm augmente le taux d'usure de $15\% \pm 3\%$ et réduit la ténacité de $10\% \pm 2\%$.

L'angle géométrique

du cône de $10^\circ\text{-}20^\circ \pm 2^\circ$ optimise l'efficacité de l'étirage (force d'étirage $< 200\text{ N} \pm 10\text{ N}$, consommation d'énergie $< 10\text{ kWh/m}^3 \pm 1\text{ kWh/m}^3$), $> 20^\circ \pm 2^\circ$ réduit l'efficacité de $10\% \pm 2\%$, $< 10^\circ \pm 2^\circ$ conduit facilement à un risque de rupture de fil de $5\% \pm 1\%$. L'épaisseur du trou de matrice

de traitement de surface

de 1 à $2\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (durée de vie prolongée de $20\% \pm 3\%$), $< 1\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20\% \pm 3\%$, $> 2\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ augmente le coût de $15\% \pm 2\%$. Le revêtement DLC (épaisseur $0,5\text{ à }1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$, température de dépôt $200\text{ à }300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,1 \pm 0,05$) et améliore la douceur ($R_a < 0,05\text{ }\mu\text{m} \pm 0,02\text{ }\mu\text{m}$).

Traitement thermique :

La trempe du manchon de matrice (dureté HRC $45\text{-}55 \pm 2$, profondeur $1\text{-}3\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, température de trempe $850\text{-}900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) améliore les performances de support et la durée de vie du manchon de matrice non trempé est réduite de $15\% \pm 3\%$. Le revenu ($200\text{-}250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2\text{-}4\text{ heures} \pm 0,5\text{ heure}$) réduit la contrainte résiduelle de $5\% \pm 1\%$. Une température

de l'environnement de travail

$> 400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, une teneur en eau $> 5\% \pm 1\%$ ou une teneur en impuretés $> 3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$ et le taux de corrosion dans l'environnement Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente à $0,015\text{ mm/an} \pm 0,002\text{ mm/an}$.

Paramètres de l'équipement :

vitesse d'étirage de $5\text{ à }50\text{ m/s} \pm 2\text{ m/s}$, force d'étirage de $50\text{ à }300\text{ N} \pm 10\text{ N}$ et puissance de $20\text{ à }200\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$, affectant la durée de vie et le rendement de la filière. Des paramètres excessifs ($> 10\% \pm 1\%$) réduisent la durée de vie de $15\% \pm 2\%$.

Types de filières de tréfilage en carbure

Les filières de tréfilage fines

conviennent aux fils de cuivre ou d'aluminium ($300\text{-}500\text{ MPa}$), avec un diamètre de trou intérieur de $0,1\text{-}1\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ et une durée de vie de $> 600\text{ heures} \pm 50\text{ heures}$.

Les filières de tréfilage moyennes et épaisses

conviennent aux fils d'acier ($800\text{-}1200\text{ MPa}$), avec un diamètre de trou intérieur de $2\text{-}10\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ et une forte résistance à l'arrachement ($> 200\text{ N} \pm 10\text{ N}$).

Les filières de tréfilage pour tubes

sont utilisées pour les tubes en acier inoxydable ($1000\text{-}1500\text{ MPa}$), avec un diamètre de trou intérieur de $5\text{-}20\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ et une excellente résistance à la haute pression ($> 300\text{ N} \pm 10\text{ N}$).

Les filières de tréfilage spéciales

comprennent des modèles résistants aux hautes températures ($> 400\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$) et à la corrosion pour les environnements extrêmes.

Français Application des filières de tréfilage en carbure

Les fils et câbles

sont utilisés pour le tréfilage de fils de cuivre ($400\text{-}500\text{ MPa}$), avec une durée de vie de $600\text{-}800$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

heures $\pm$ 50 heures, conformément aux normes IEC 60228.

Les pièces automobiles

sont utilisées pour le tréfilage de fils d'acier (800-1200 MPa), avec une force d'arrachement ($> 200 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$) pour assurer une production efficace, conformément aux normes ISO 8458.

La fabrication de précision

est utilisée pour le tréfilage de tubes en acier inoxydable (1000-1500 MPa), avec une rugosité de surface $R_a < 0,05 \mu\text{m} \pm 0,02 \mu\text{m}$, conforme aux normes ISO 286.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour le tréfilage de fils haute tension (600-1000 MPa), avec une résistance à la chaleur ($> 400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), conformément aux normes API 6A. Français

L'environnement corrosif

est adapté au tréfilage de fils d'acier contenant du sel, résistant à la corrosion par l'eau de mer ($> 3000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$, résistance à la concentration en $\text{Cl}^- > 3,5 \% \pm 0,5 \%$), conformément à la norme DNVGL-RP-C203.

Les équipements médicaux

sont utilisés pour le tréfilage de fils en alliage de titane (800-1200 MPa), résistance à la corrosion ($> 4000 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$), conformément à la norme ISO 13485.

L'industrie de la construction navale

est utilisée pour le tréfilage de câbles en acier (700-1000 MPa), résistance aux chocs ($> 60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$), conformément à la norme ISO 8062.

La fabrication électronique

est utilisée pour le tréfilage de fils de cuivre fins (300-500 MPa), précision $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, conformément à la norme SEMI F19.

Le transport ferroviaire

est utilisé pour l'étirage des fils de fer (800-1200 MPa), réduisant ainsi les déchets ($< 1 \% \pm 0,5 \%$), conformément à la norme EN 13674.

Le matériel de construction

est utilisé pour l'étirage des barres d'acier (600-900 MPa), avec une finition de surface $R_a < 0,05 \mu\text{m} \pm 0,02 \mu\text{m}$, conformément à la norme ASTM A615.

Progrès technologique et développement futur des filières de tréfilage en carbure cémenté

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté ($\text{HV } 2200-2600 \pm 50$), et ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\% \pm 2\%$). Des capteurs intégrés

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure du trou de filière (profondeur $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et la température ($< 400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) en temps réel, et optimisent les cycles de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$).

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des filières de tréfilage complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Adaptabilité environnementale

Développement de filières de tréfilage résistantes à la corrosion et aux hautes températures (résistance à la pression $> 400 \text{ N} \pm 20 \text{ N}$, résistance à la température $> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Le recyclage durable

de la poudre WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO_2 $20\% \pm 3\%$) conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et étrangères pertinentes

Les normes nationales et étrangères comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

IEC 60228 (Norme sur les fils et câbles)

ISO 8458 (Norme sur les fils d'acier pour l'automobile)

ISO 286 (Spécifications et tolérances géométriques des produits)

API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)

DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)

ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)

ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)

SEMI F19 (Norme de fabrication de semi-conducteurs)

EN 13674 (norme ferroviaire)

ASTM A615 (norme sur l'acier)

GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)

JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)



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

Buse en carbure résistante à l'usure

La buse en carbure résistante à l'usure est un composant d'injection haute performance conçu pour une usure élevée, une injection à grande vitesse et des environnements corrosifs. Elle est largement utilisée pour le sablage, la pulvérisation, le forage pétrolier et la pulvérisation chimique. Son principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision et à des revêtements résistants à l'usure, pour une dureté, une résistance à l'usure, à la corrosion et aux hautes températures excellentes, garantissant ainsi l'efficacité de l'injection et une fiabilité à long terme dans des conditions de travail extrêmes. Véritable gardienne du système d'injection, la buse en carbure résistante à l'usure a un impact direct sur la précision de l'injection, la consommation de matériaux et la durée de vie de l'équipement grâce à ses caractéristiques robustes. La percée technologique prévue en 2025 lui confère une performance particulièrement performante dans les environnements à forte usure.

Propriétés physiques et chimiques des buses résistantes à l'usure en carbure cimenté

Les buses en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 10 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance à la corrosion. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique de la buse est personnalisée en fonction des exigences d'injection. Elle comprend des buses coniques ou droites d'un diamètre intérieur de $0,5 \text{ à } 10 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, d'un diamètre extérieur de $10 \text{ à } 30 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et d'une longueur de $20 \text{ à } 50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, montées sur un substrat en acier inoxydable ou en alliage de titane (résistance à la traction $> 1000 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, dureté HRC $40 - 50 \pm 2$). Les méthodes de fixation incluent un assemblage mécanique par filetage (couple $> 15 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 1 \text{ N} \cdot \text{m}$) ou par soudage (résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) pour garantir un fonctionnement stable sous injection haute pression ($10 \text{ à } 50 \text{ MPa} \pm 2 \text{ MPa}$, valeur de pointe jusqu'à $60 \text{ MPa} \pm 3 \text{ MPa}$). Des revêtements multicouches (TiN, CrN ou WC/C, d'une épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués à la surface de la buse, réduisant ainsi le coefficient de frottement à $< 0,15 \pm 0,05$ et améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique des fluides et l'optimisation du transfert thermique, avec un angle de pulvérisation de $15^\circ \text{ à } 30^\circ \pm 2^\circ$, adapté à des températures de fonctionnement de $-20^\circ\text{C} \text{ à } 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Caractéristiques des buses en carbure résistantes à l'usure

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation >800°C±20°C, résistance à l'oxydation >95%±2%); le Co améliore la ténacité (K_{Ic} 12-16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, valeur de crête jusqu'à 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact (> 50 J ± 5 J, valeur de crête instantanée >120 J±10 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,03 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m (de préférence < 0,015 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur <0,1 μm±0,01 μm), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion <0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance au Cl⁻ >5000 heures±200 heures); TaC et NbC augmentent la dureté à haute température (>900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale, stabilité thermique >95%±2%).

Principe de fonctionnement des buses résistantes à l'usure en carbure cimenté

La buse accélère le fluide ou les particules à travers la buse pour réaliser l'injection sous l'action d'une pompe ou d'un compresseur haute pression (pression 10-50 MPa±2 MPa, vitesse d'injection 50-200 m/s±10 m/s, puissance 20-150 kW±50 kW). La surface de la buse est soumise à une usure et une charge thermique élevées (température de surface 100-600°C±20°C, extrême jusqu'à 700°C±30°C), et le matériau de la matrice fournit un support structurel (résistance à la traction > 1000 MPa±50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 30-40 W/m·K±2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois ± 10⁵ fois, charge cyclique > 150 MPa±20 MPa). La conception de précision de la buse garantit que la tolérance est contrôlée à ±0,005 mm±0,002 mm, la rugosité de surface Ra<0,1 μm±0,05 μm et l'écart d'injection est <0,5°±0,2°.

Français La performance des buses résistantes à l'usure en carbure cimenté est supérieure à 400-700 heures ± 50 heures

dans des conditions de boue de sablage (dureté HV 800 ± 50), de fluide de forage pétrolier (contenant Cl⁻ > 3 % ± 0,5 %) ou de vapeur à haute température (500 °C ± 20 °C). La durée de vie optimisée de la buse dépasse 400-700 heures ± 50 heures, et l'efficacité d'injection atteint 95 % ± 2 % (écart de quantité injectée < 1 % ± 0,5 %). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente de la buse, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est < 150 MPa ± 10 MPa.

Facteurs affectant les performances des buses résistantes à l'usure en carbure cimenté La teneur en Co de

6%-10%±1% atteint le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. <6%±1% conduit à une augmentation du taux de fissures de 10%±2%. >10%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C). 7%-9%±0,5% est préféré pour prendre en compte à la fois les performances et le coût.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La granulométrie

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux environnements d'usure moyenne, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15 \% \pm 3 \%$ et réduit la ténacité de $10 \% \pm 2 \%$.

Angle géométrique

L'angle de pulvérisation de 15° à $30^\circ \pm 2^\circ$ optimise l'efficacité de la pulvérisation (pression $< 40 \text{ MPa} \pm 2 \text{ MPa}$, consommation d'énergie $< 15 \text{ kWh/m}^3 \pm 1 \text{ kWh/m}^3$), $> 30^\circ \pm 2^\circ$ réduit l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, $< 15^\circ \pm 2^\circ$ entraîne facilement un risque de pulvérisation inégale de $5 \% \pm 1 \%$.

L'épaisseur de la buse

de traitement de surface

1-2 $\text{mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$), $< 1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $> 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement WC/C (épaisseur 0,5-1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt $300-400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,15 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la corrosion (résistance $\text{Cl}^- > 6000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$).

Traitement thermique :

La trempe du matériau de base (dureté HRC 40-50 ± 2 , profondeur 1-3 $\text{mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe $800-850^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) améliore les performances de support, la durée de vie de la base non trempée est réduite de $15\% \pm 3\%$, et le revenu ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 heures $\pm 0,5$ heures) réduit la contrainte résiduelle de $5\% \pm 1\%$. Une température

de l'environnement de travail

$> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, une teneur en eau $> 5\% \pm 1\%$ ou une teneur en impuretés $> 3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$, et le taux de corrosion dans l'environnement Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Les paramètres de l'équipement (

pression 10-50 $\text{MPa} \pm 2 \text{ MPa}$, vitesse d'injection 50-200 $\text{m/s} \pm 10 \text{ m/s}$, puissance 20-150 $\text{kW} \pm 50 \text{ kW}$) affectent la durée de vie et le rendement de la buse. Des paramètres excessifs ($> 10 \% \pm 1 \%$) réduisent la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$.

Types de buses en carbure résistantes à l'usure

Les buses de sablage

sont adaptées à la projection de mortier (dureté HV 800 ± 50), diamètre intérieur 1-5 $\text{mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, durée de vie $> 500 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$.

Les buses de forage pétrolier

sont utilisées pour l'injection de fluide de forage (pression 20-40 MPa), diamètre intérieur 2-8 $\text{mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, forte résistance à la corrosion (résistance $\text{Cl}^- > 5000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$).

Les buses de pulvérisation

sont adaptées à la projection à haute température ($500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), diamètre intérieur 0,5-3 $\text{mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, excellente résistance à la chaleur ($> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$).

Les buses spéciales

comprennent des types ultra-hautes températures ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) et ultra-corrosives pour les environnements extrêmes.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Application de buses en carbure résistantes à l'usure

Le sablage

est utilisé pour le sablage de surface en acier (dureté HV 800±50), durée de vie de 500 à 700 heures ±50 heures, conformément à la norme ISO 8501.

Le forage pétrolier

est utilisé pour l'injection de fluide de forage (20-40 MPa), résistant à la corrosion Cl^- (> 5000 heures ± 200 heures), conformément à la norme API 7-1.

L'industrie de la pulvérisation

est utilisée pour le revêtement céramique haute température ($500^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$), résistance à la chaleur (> $600^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$) pour assurer une pulvérisation uniforme, conformément à la norme ISO 14918.

La pulvérisation chimique

est adaptée à la pulvérisation de liquides chimiques corrosifs (10-30 MPa), résistance à la corrosion par l'eau de mer (> 6000 heures ± 200 heures), conformément à la norme ISO 10423.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour l'injection de vapeur à haute température (30-50 MPa), résistance à la chaleur (> $600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), conformément à la norme ASME B16.34.

Les dispositifs médicaux

sont utilisés pour la pulvérisation pharmaceutique (10-20 MPa), résistance à la corrosion (> 4 000 heures ± 100 heures), conformément aux normes ISO 13485.

L'industrie de la construction navale

est utilisée pour le nettoyage par pulvérisation d'eau de mer (15-25 MPa), résistance aux chocs (> $50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$), conformément aux normes ISO 8062.

La fabrication électronique

est utilisée pour le nettoyage par pulvérisation des semi-conducteurs (20-30 MPa), rugosité de surface $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, conformément aux normes SEMI F19.

La maintenance ferroviaire

est utilisée pour le sablage des rails (15-30 MPa), réduisant l'usure ($< 1\% \pm 0,5\%$), conformément aux normes EN 13674.

La projection de construction

est utilisée pour la projection de béton (10-20 MPa), résistance à l'usure $> 95\% \pm 2\%$, conformément aux normes ASTM C143.

Progrès technologique et développement futur des buses résistantes à l'usure en carbure cimenté

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600±50), et ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 700^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ pour maintenir $95\% \pm 2\%$). Des capteurs intégrés

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$) surveillent l'usure des buses (profondeur $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et la température ($< 700^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$) en temps réel, et optimisent les cycles de remplacement (erreur $< 5\% \pm 1\%$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des buses complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de $10\% \pm 2\%$.

L'adaptabilité environnementale

permet de développer des buses ultra-corrosives et ultra-hautes températures (résistance à la pression $> 60 \text{ MPa} \pm 3 \text{ MPa}$, résistance à la température $> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Le recyclage

durable

de la poudre WC (taux de recyclage $> 80\% \pm 5\%$) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de $20\% \pm 3\%$), conformément à la norme ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les buses résistantes à l'usure en carbure cémenté

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

ISO 8501 (norme de traitement de surface)

API 7-1 (Norme relative aux équipements de forage pétrolier)

ISO 14918 (norme de projection thermique)

ISO 10423 (Norme relative aux vannes et aux équipements de tête de puits)

ASME B16.34 (Norme de classification de la pression et de la température des vannes)

ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)

ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)

SEMI F19 (Norme de fabrication de semi-conducteurs)

EN 13674 (norme ferroviaire)

ASTM C143 (Norme d'essai du béton)

GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)

JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)



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

Qu'est-ce qu'un noyau de valve en carbure résistant à l'usure ?

Le noyau de valve en carbure résistant à l'usure est un composant de valve haute performance conçu pour les environnements à haute pression, à forte usure et corrosifs. Il est largement utilisé dans les secteurs du pétrole et du gaz, de l'industrie chimique, des équipements énergétiques et du traitement des eaux. Son principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision et à des revêtements anticorrosion, pour une dureté, une résistance à l'usure et à la corrosion exceptionnelles, ainsi qu'une résistance aux hautes températures, garantissant ainsi l'étanchéité et la fiabilité à long terme de la valve dans des conditions de fonctionnement extrêmes. Véritable protection du système de valve, le noyau de valve en carbure résistant à l'usure a un impact direct sur la précision du contrôle des fluides, le taux de fuite et la durée de vie des équipements grâce à ses performances exceptionnelles. L'innovation technologique lui confère une performance optimale dans les environnements complexes.

Propriétés physiques et chimiques du noyau de valve résistant à l'usure en carbure cimenté

Le noyau de valve en carbure cimenté utilise du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% \text{ à } 10 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% \text{ à } 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% \text{ à } 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% \text{ à } 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance à la corrosion. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400\text{-}1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150\text{-}200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30\text{-}60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350\text{-}1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45\text{-}55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5\text{-}10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5\text{-}2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8\text{-}1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique du noyau de valve est personnalisée en fonction du type de valve, notamment sphérique, conique ou cylindrique, avec un diamètre de $5 \text{ à } 50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ et une longueur de $10 \text{ à } 60 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, installé sur un corps de valve en acier inoxydable ou en alliage de titane (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, dureté HRC $40\text{-}50 \pm 2$). Les méthodes de fixation incluent l'emmanchement mécanique (force d'emmanchement $> 10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$) ou le soudage haute fréquence (résistance de soudage $> 700 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), garantissant un fonctionnement stable sous haute pression ($50 \text{ à } 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, valeur de pointe jusqu'à $400 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Des revêtements multicouches (TiN, CrN ou WC/C, d'une épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peuvent être appliqués sur la surface du noyau de valve, réduisant ainsi le coefficient de frottement à $< 0,15 \pm 0,05$ et améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1 \% \pm 0,5 \%$). La conception associe mécanique des fluides et optimisation de la conduction thermique, avec un angle de contact de $5^\circ \text{ à } 15^\circ \pm 2^\circ$ et convient à des températures de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fonctionnement comprises entre -50°C et $500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$.

Caractéristiques du noyau de valve résistant à l'usure en alliage dur

Le WC offre une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, résistance à l'oxydation $>95\% \pm 2\%$) ; le Co améliore la ténacité (K_{IC} 12-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) par renforcement de la solution solide et déformation plastique, et absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $>120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 $\text{g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 génère une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance au Cl^- $> 5000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient $90\% \pm 2\%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement du noyau de valve en carbure résistant à l'usure

Le noyau de valve ajuste le débit du fluide en tournant ou en se déplaçant sous l'action de la valve (pression 50-300 $\text{MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, débit 1-10 $\text{m}^3/\text{s} \pm 1 \text{ m}^3/\text{s}$, puissance 50-300 $\text{kW} \pm 50 \text{ kW}$). La surface du noyau de valve est soumise à un frottement élevé et à une charge thermique (température de surface -50°C à $500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, extrême jusqu'à $600^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$), et le corps de valve fournit un support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), une conduction thermique (conductivité thermique 30-40 $\text{W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 150 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception de précision du noyau de valve garantit que la tolérance est contrôlée à $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, la rugosité de surface $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$ et le taux de fuite est $< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$.

Français La performance du noyau de valve résistant à l'usure en carbure est telle que la durée de vie optimisée du noyau de valve dépasse 500-800 heures ± 50 heures lors du

traitement de gaz naturel haute pression (200 MPa), d'eau de mer (contenant $\text{Cl}^- > 3\% \pm 0,5\%$) ou de vapeur haute température ($400^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), et l'efficacité d'étanchéité atteint $99,99\% \pm 0,01\%$ (taux de fuite $< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente sur la surface, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95\% \pm 2\%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des noyaux de valve résistants à l'usure en carbure cémenté

Une teneur en Co de

6%-10% $\pm 1\%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, $< 6\% \pm 1\%$ conduit à une augmentation du taux de fissures de 10% $\pm 2\%$, $> 10\% \pm 1\%$ réduit la dureté de 5% $\pm 1\%$ et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$), et 7%-9% $\pm 0,5\%$ est préféré pour prendre en compte à la fois les performances et le coût.

Une granulométrie de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), une granulométrie de 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux environnements à moyenne pression, une granulométrie supérieure à 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % ± 3 % et réduit la ténacité de 10 % ± 2 %. Un angle de contact

géométrique

de 5° à 15° $\pm 2^\circ$ optimise les performances d'étanchéité (taux de fuite $< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$), une granulométrie supérieure à 15° $\pm 2^\circ$ réduit l'efficacité de l'étanchéité de 5 % ± 1 %, et une granulométrie inférieure à 5° $\pm 2^\circ$ entraîne facilement un risque de contact irrégulier de 5 % ± 1 %. L'épaisseur du noyau de valve

de traitement de surface

de 2-3 mm $\pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (durée de vie prolongée de 20 % ± 3 %), $< 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de 20 % ± 3 %, $> 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de 15 % ± 2 %. Le revêtement CrN (épaisseur 0,5-1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400-450 °C ± 20 °C) réduit le coefficient de frottement ($< 0,2 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la corrosion (résistance $\text{Cl}^- > 6\,000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$).

Traitement thermique :

la trempe du corps de vanne (dureté HRC 40-50 ± 2 , profondeur 1-3 mm $\pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe 800-850 °C ± 20 °C) améliore les performances de support et la durée de vie du corps de vanne non trempé est réduite de 15 % ± 3 %. Le revenu (200-250 °C ± 10 °C, 2-4 heures $\pm 0,5 \text{ heure}$) réduit la contrainte résiduelle de 5 % ± 1 %.

Une température ambiante de travail

$> 500 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$ réduit la dureté de 3 % ± 1 %, une teneur en eau $> 5 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ ou une teneur en impuretés $> 3 \text{ %} \pm 0,5 \text{ %}$ augmente l'usure de 5 % $\pm 1 \text{ %}$, et le taux de corrosion dans un environnement Cl^- (concentration $> 0,5 \text{ %} \pm 0,1 \text{ %}$) augmente à 0,015 mm/an $\pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Les paramètres de l'équipement (

pression 50-300 MPa $\pm 10 \text{ MPa}$, débit 1-10 m/s $\pm 1 \text{ m/s}$, puissance 50-300 kW $\pm 50 \text{ kW}$) affectent la durée de vie et l'efficacité du noyau de la vanne. Des paramètres excessifs ($> 10 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$) réduisent la durée de vie de 15 % $\pm 2 \text{ %}$.

Types de noyaux de valve en carbure résistants à l'usure

Les noyaux de valve sphériques

conviennent aux vannes à boisseau sphérique haute pression (100-200 MPa), avec un diamètre de 10-30 mm $\pm 0,5 \text{ mm}$ et une excellente résistance à la pression ($> 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

Les noyaux de valve coniques

conviennent aux vannes de contrôle chimique (50-150 MPa), avec un diamètre de 5-20 mm $\pm 0,5 \text{ mm}$ et une forte résistance à la corrosion (résistance $\text{Cl}^- > 5000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$).

Les noyaux de valve à colonne

sont utilisés pour les vannes hydrauliques aéronautiques (200-300 MPa), avec un diamètre de 15-40 mm $\pm 0,5 \text{ mm}$ et une résistance élevée à la température ($> 500 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$).

Les noyaux de valve spéciaux

comprennent des types ultra-haute température ($> 600 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$) et ultra-corrosifs, adaptés aux environnements extrêmes.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Application de noyaux de valve en carbure résistants à l'usure

Le pétrole et le gaz naturel

sont utilisés pour les vannes de gaz naturel haute pression (200-300 MPa), avec une durée de vie de 600-800 heures $\pm$ 50 heures, conformément aux normes API 6A.

L'industrie chimique

est utilisée pour les vannes de fluides corrosifs (50-150 MPa), résistantes à la corrosion Cl^- (> 5000 heures $\pm$ 200 heures), conformément aux normes ISO 10423.

L'aérospatiale

est utilisée pour les vannes de systèmes hydrauliques (200-300 MPa), résistantes aux hautes températures ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) pour garantir la fiabilité, conformément aux normes AMS 2750.

Le

traitement de l'eau

est adapté aux vannes de canalisations d'eau de mer (50-100 MPa), résistantes à la corrosion de l'eau de mer (> 6000 heures $\pm$ 200 heures), conformément aux normes DNVGL-RP-C203. Français

L'équipement énergétique est

utilisé pour les vannes à vapeur haute température (300-400 MPa), résistance à la chaleur ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), conformément aux normes ASME B16.34.

L'équipement médical

est utilisé pour les vannes à liquide haute pression (50-100 MPa), résistance à la corrosion ($> 4\ 000$ heures $\pm$ 100 heures), conformément aux normes ISO 13485.

L'industrie maritime

est utilisée pour les vannes de refroidissement par eau de mer (50-150 MPa), résistance aux chocs ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$), conformément aux normes ISO 8062.

La fabrication électronique

est utilisée pour les vannes de gaz de procédé à semi-conducteurs (100-200 MPa), rugosité de surface $R_a < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$, conformément aux normes SEMI F19.

Le transport ferroviaire

utilise des vannes de freinage haute pression (150-250 MPa), réduisant les fuites ($< 0,001\text{ ml/min} \pm 0,0005\text{ ml/min}$), conformément à la norme EN 13452.

Les canalisations de construction

utilisent des vannes d'eau haute pression (50-100 MPa), dont la résistance à l'usure est supérieure à $95\% \pm 2\%$, conformément à la norme ASTM F1476.

Progrès technologique et développement futur

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ pour maintenir 95% $\pm$ 2%). Capteur intégré

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05\%$) surveillance en temps réel de l'usure du noyau de valve (profondeur $> 0,8\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$) et de la température ($< 600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), optimisation du cycle de remplacement (erreur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

< 5%±1%). La

technologie d'impression 3D

utilise SLM (épaisseur de couche 40-60 μm ±5 μm) pour fabriquer des noyaux de valve complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de 10%±2%. Le recyclage

durable

de la poudre WC (taux de recyclage > 80%±5%) réduit l'empreinte carbone (réduction des émissions de CO₂ de 20%±3%), conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les noyaux de soupape résistants à l'usure en alliage dur

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)

ISO 10423 (Norme relative aux vannes et aux équipements de tête de puits)

AMS 2750 (Norme relative au traitement thermique aérospatial)

DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)

ASME B16.34 (Norme de classification de la pression et de la température des vannes)

ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)

ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)

SEMI F19 (Norme de fabrication de semi-conducteurs)

EN 13452 (Norme relative aux systèmes de freinage ferroviaire)

ASTM F1476 (Norme pour les systèmes de tuyauterie)

GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)

JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)



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


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatun

1


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

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

Qu'est-ce qu'un siège de soupape résistant à l'usure en carbure ?

Le siège de soupape en carbure résistant à l'usure est un composant de soupape haute performance conçu pour les environnements à haute pression, à forte usure et corrosifs. Il est largement utilisé dans les secteurs du pétrole et du gaz, de l'industrie chimique, des équipements énergétiques et du traitement des eaux. Son principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision et à des revêtements anticorrosion, pour une dureté, une résistance à l'usure et à la corrosion excellentes, ainsi qu'une résistance aux hautes températures exceptionnelles, garantissant ainsi l'étanchéité et la fiabilité à long terme de la soupape dans des conditions de fonctionnement extrêmes. En tant que composant clé du système de soupape, le siège de soupape en carbure résistant à l'usure influence directement la précision du contrôle des fluides, le taux de fuite et la durée de vie de l'équipement. S'appuyant sur les dernières informations concernant l'ensemble du réseau et les progrès technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant détaille les caractéristiques, les détails techniques et les applications du siège de soupape.

Propriétés physiques et chimiques des sièges de soupape résistants à l'usure en carbure cimenté

Les sièges de soupape en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % ± 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 6 % à 10 % ± 1 %) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 % à 2 % ± 0,1 %, VC < 1 % ± 0,1 %, TaC 1 % à 3 % ± 0,2 %, NbC 0,5 % à 1,5 % ± 0,1 %) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance à la corrosion. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C±10°C, pression 150-200 MPa±5 MPa, temps de maintien 30-60 min±5 min) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C±10°C, pression 45-55 MPa±1 MPa, temps de maintien 5-10 min±1 min), garantissant que le matériau atteint 99,9%±0,1% de la densité théorique et que la porosité est <0,1%±0,05%. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-2 μm±0,01 μm (de préférence 0,8-1,2 μm±0,01 μm), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). L'uniformité de la microstructure atteint 95 % ± 2 % (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est > 98 % ± 1 %.

La conception géométrique du siège de vanne est personnalisée en fonction du type de vanne, y compris la structure annulaire ou conique, le diamètre intérieur 5-50 mm ± 0,5 mm, l'épaisseur 5-20 mm ± 0,5 mm, installé sur un corps de vanne en acier inoxydable ou en alliage de titane (résistance à la traction > 1200 MPa ± 50 MPa, dureté HRC 40-50 ± 2). Les méthodes de fixation comprennent l'ajustement mécanique par pression (force d'ajustement par pression > 10 kN ± 1 kN) ou le soudage haute fréquence (résistance de soudage > 700 MPa ± 50 MPa), garantissant un fonctionnement stable sous haute pression (50-300 MPa ± 10 MPa, valeur de crête jusqu'à 400 MPa ± 20 MPa). Des revêtements multicouches (tels que TiN, CrN ou WC/C, épaisseur 0,5-2 μm ± 0,1 μm) peuvent être appliqués sur la surface du siège de soupape, et le coefficient de frottement est réduit à < 0,15 ± 0,05, améliorant la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence < 1 %

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,5 \%$). La conception intègre la mécanique des fluides et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle de contact de $5^{\circ}\text{-}15^{\circ} \pm 2^{\circ}$, adapté aux températures de travail de -50°C à $500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$.

Caractéristiques et principe de fonctionnement du siège de soupape résistant à l'usure en alliage dur

Français Les propriétés matérielles des sièges de soupape résistants à l'usure en carbure cémenté

WC offrent une dureté élevée (HV 1800-2200 $\pm$ 30, localement jusqu'à 2400-2600 $\pm$ 50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$) ; Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{IC} 12-16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, valeur de crête jusqu'à 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$), et absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $> 120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique 14,8-15,2 g/cm $^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. L'ajout de Cr $_3$ C $_2$ génère une couche protectrice de Cr $_2$ O $_3$ (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance au Cl $^-$ $> 5000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ maintient $90\% \pm 2\%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement du siège de soupape résistant à l'usure en carbure

Le siège de soupape ajuste le débit du fluide en coopérant étroitement avec le noyau de soupape sous l'action de la soupape (pression 50-300 MPa $\pm$ 10 MPa, débit 1-10 m/s $\pm$ 1 m/s, puissance 50-300 kW $\pm$ 50 kW). La surface du siège de soupape est soumise à un frottement élevé et à une charge thermique (température de surface -50°C à $500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, extrême jusqu'à $600^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$), et le corps de soupape fournit un support structurel (résistance à la traction $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), une conduction thermique (conductivité thermique 30-40 W/m $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue $> 10^6$ fois $\pm 10^5$ fois, charge cyclique $> 150 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). La conception de précision du siège de soupape garantit que la tolérance est contrôlée à $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, la rugosité de surface Ra $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$ et le taux de fuite est $< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$.

Français La performance des sièges de soupape résistants à l'usure en carbure cémenté est supérieure à 500-800 heures ± 50 heures lors du

traitement de gaz naturel haute pression (200 MPa), d'eau de mer (contenant Cl $^-$ $> 3 \%$ $\pm 0,5 \%$) ou de vapeur haute température ($400^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). La durée de vie optimisée du siège de soupape dépasse 500-800 heures ± 50 heures, et l'efficacité d'étanchéité atteint $99,99 \%$ $\pm 0,01 \%$ (taux de fuite $< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente en surface, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95 \%$ $\pm 2 \%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des sièges de soupape résistants à l'usure en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

cémenté

La teneur en Co des sièges de soupape résistants à l'usure en carbure cémenté est

de 6 % à 10 % $\pm$ 1 % pour obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. < 6 % $\pm$ 1 % entraîne une augmentation de 10 % $\pm$ 2 % du taux de fissures, > 10 % $\pm$ 1 % réduit la dureté de 5 % $\pm$ 1 % et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). 7 % à 9 % $\pm$ 0,5 % est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

La granulométrie du siège de soupape résistant à l'usure en carbure est

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, ce qui réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,015 $\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient à un environnement à moyenne pression, > 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de 15 % $\pm$ 3 % et réduit la ténacité de 10 % $\pm$ 2 %. Français L'

angle géométrique du siège de soupape résistant à l'usure en carbure

est de 5° - $15^\circ \pm 2^\circ$, ce qui optimise les performances d'étanchéité (taux de fuite < 0,001 ml/min $\pm$ 0,0005 ml/min), > $15^\circ \pm 2^\circ$ réduit l'efficacité d'étanchéité de 5 % $\pm$ 1 %, et < $5^\circ \pm 2^\circ$ conduit facilement au risque de contact irrégulier de 5 % $\pm$ 1 %.

Le traitement de surface du siège de soupape résistant à l'usure en carbure

a une épaisseur de siège de 5-10 $\text{mm} \pm 0,5 \text{mm}$, ce qui améliore la résistance à l'usure (prolonge la durée de vie de 20 % $\pm$ 3 %), et < 5 $\text{mm} \pm 0,5$ La durée de vie du revêtement est raccourcie de 20 % $\pm$ 3 % pour les revêtements > 10 $\text{mm} \pm 0,5 \text{mm}$, et le coût est augmenté de 15 % $\pm$ 2 %. Français Le revêtement CrN (épaisseur 0,5-1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt 400 - $450^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient de frottement (< 0,2 $\pm$ 0,05) et améliore la résistance à la corrosion (résistance Cl^- > 6000 heures $\pm$ 200 heures).

Traitement thermique du siège de soupape résistant à l'usure en carbure

: la trempe du corps de soupape (dureté HRC 40-50 ± 2 , profondeur 1-3 $\text{mm} \pm 0,2 \text{mm}$, température de trempe 800 - $850^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) améliore les performances de support, la durée de vie du corps de soupape non trempé est réduite de 15 % $\pm$ 3 %, et le revenu (200 - $250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 heures $\pm 0,5$ heures) réduit les contraintes résiduelles de 5 % $\pm$ 1 %.

Une température ambiante de fonctionnement

du siège de soupape en carbure résistant à l'usure > $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ réduit la dureté de 3 % $\pm$ 1 %, une teneur en eau > 5 % $\pm$ 1 % ou une teneur en impuretés > 3 % $\pm$ 0,5 % augmente l'usure de 5 % $\pm$ 1 %, et le taux de corrosion de l'environnement contenant du Cl^- (concentration > 0,5 % $\pm$ 0,1 %) augmente à 0,015 $\text{mm}/\text{an} \pm 0,002 \text{mm}/\text{an}$.

Les paramètres d'équipement des sièges de soupape en carbure résistant à l'usure

: pression 50-300 $\text{MPa} \pm 10 \text{MPa}$, débit 1-10 $\text{m/s} \pm 1 \text{m/s}$, puissance 50-300 $\text{kW} \pm 50 \text{kW}$ affectent la durée de vie et l'efficacité du siège de soupape. Des paramètres excessifs (> limite supérieure 10 % $\pm$ 1 %) réduisent la durée de vie de 15 % $\pm$ 2 %.

Types de sièges de soupape en carbure résistants à l'usure

Les sièges de soupape annulaires en carbure résistants à l'usure

conviennent aux vannes à boisseau sphérique haute pression (100-200 MPa), avec un diamètre intérieur de 10-30 $\text{mm} \pm 0,5 \text{mm}$, une excellente résistance à la pression (> 300 $\text{MPa} \pm 10 \text{MPa}$) et une durée de vie de 600 heures $\pm$ 50 heures pour un certain projet pétrolier en 2024.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les sièges de soupape coniques en carbure résistants à l'usure

conviennent aux vannes de contrôle chimique (50-150 MPa), avec un diamètre intérieur de 5-20 mm $\pm$ 0,5 mm, une forte résistance à la corrosion (résistance au Cl⁻ > 5000 heures $\pm$ 200 heures) et une efficacité d'usine chimique de 99,99 % $\pm$ 0,01 % en 2023.

Les sièges de soupape plats en carbure résistants à l'usure

sont utilisés pour les vannes hydrauliques d'aviation (200-300 MPa), avec un diamètre intérieur de 15-40 mm $\pm$ 0,5 mm, une résistance à haute température (> 500°C $\pm$ 20°C) et une durée de vie de 700 heures $\pm$ 50 heures pour un certain projet aéronautique en 2025.

Les sièges de soupape spéciaux résistants à l'usure en carbure

comprennent des types ultra-haute température (> 600°C $\pm$ 20°C) et ultra-corrosion, adaptés aux environnements extrêmes, avec une durée de vie de test de 550 heures $\pm$ 50 heures en 2025.

Application du siège de soupape résistant à l'usure en alliage dur

Le pétrole et le gaz

sont utilisés pour les vannes de gaz naturel haute pression (200-300 MPa), avec une durée de vie de 600-800 heures $\pm$ 50 heures, conformément aux normes API 6A.

L'industrie chimique

est utilisée pour les vannes de fluides corrosifs (50-150 MPa), résistantes à la corrosion Cl⁻ (> 5000 heures $\pm$ 200 heures), conformément à la norme ISO 10423.

L'aérospatiale

est utilisée pour les vannes de systèmes hydrauliques (200-300 MPa), résistantes aux hautes températures (> 500 °C $\pm$ 20 °C) pour garantir la fiabilité, conformément à la norme AMS 2750.

Le traitement de l'eau

est adapté aux vannes de canalisations d'eau de mer (50-100 MPa), résistantes à la corrosion de l'eau de mer (> 6000 heures $\pm$ 200 heures), conformément à la norme DNVGL-RP-C203.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour les vannes de vapeur haute température (300-400 MPa), résistantes à la chaleur (> 500 °C $\pm$ 20 °C), conformément à la norme ASME B16.34.

Équipements médicaux

pour vannes liquides haute pression (50-100 MPa), résistance à la corrosion (>4000 heures $\pm$ 100 heures), selon la norme ISO 13485.

Industrie maritime

pour vannes de refroidissement par eau de mer (50-150 MPa), résistance aux chocs (>50 J $\pm$ 5 J), selon la norme ISO 8062.

Fabrication électronique

pour vannes de gaz de procédé semi-conducteurs (100-200 MPa), rugosité de surface Ra < 0,1 μ m $\pm$ 0,05 μ m, conformément à la norme SEMI F19.

Transport ferroviaire

pour vannes de freinage haute pression (150-250 MPa), réduction des fuites (< 0,001 ml/min $\pm$ 0,0005 ml/min), conformément à la norme EN 13452.

Les canalisations de construction

sont utilisées pour les vannes d'eau haute pression (50-100 MPa), résistance à l'usure > 95 % $\pm$ 2 %,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

conformément à la norme ASTM F1476.

Développement futur

de nouveaux matériaux pour sièges de soupape résistants à l'usure en carbure cémenté

: introduction du nano WC (grain $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 $\pm$ 50), ajout de TaC et NbC pour améliorer la stabilité à haute température ($> 600 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pour maintenir 95 % $\pm$ 2 %). Capteur intégré

de surveillance intelligente

(précision $\pm 0,05 \%$) surveillance en temps réel de l'usure du siège de soupape (profondeur $> 0,8 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) et de la température ($< 600 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$), optimisation du cycle de remplacement (erreur $< 5 \%$ $\pm$ 1 %).

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche $40\text{-}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) pour fabriquer des sièges de soupape complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de 10 % $\pm$ 2 %.

L'adaptabilité environnementale

permet de développer des sièges de soupape ultra-corrosifs et ultra-hautes températures (résistance à la pression $> 400 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$, résistance à la température $> 600 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Le recyclage

durable

de la poudre WC (taux de recyclage $> 80 \%$ $\pm$ 5 %) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO_2 de 20 % $\pm$ 3 %) conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les sièges de soupapes en carbure résistants à l'usure

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

API 6A (Norme pour les équipements pétroliers et gaziers)

ISO 10423 (Norme relative aux vannes et aux équipements de tête de puits)

AMS 2750 (Norme relative au traitement thermique aérospatial)

DNVGL-RP-C203 (Règles de conception des structures offshore)

ASME B16.34 (Norme de classification de la pression et de la température des vannes)

ISO 13485 (Système de gestion de la qualité des dispositifs médicaux)

ISO 8062 (norme de tolérance de moulage)

SEMI F19 (Norme de fabrication de semi-conducteurs)

GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)

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



en.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Forets miniers en carbure résistants à l'usure

Les forets miniers en carbure résistants à l'usure sont des outils de forage haute performance conçus pour l'extraction de roches très dures, le forage de puits profonds et les conditions de travail extrêmes. Ils sont largement utilisés dans les secteurs minier, pétrolier et de l'exploration géologique. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision et à des revêtements résistants à l'usure, pour une dureté, une résistance à l'usure, une résistance aux chocs et une résistance aux hautes températures excellentes, garantissant ainsi une efficacité élevée et une fiabilité à long terme pour les forages intensifs. Élément clé du système de forage, les forets miniers en carbure résistants à l'usure influencent directement la vitesse de forage, la précision de l'ouverture et la durée de vie de l'équipement.

Propriétés physiques et chimiques des forets miniers résistants à l'usure en carbure cimenté

Les forets en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance aux chocs. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \sqrt{d}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La géométrie du foret est personnalisée en fonction de la dureté de la roche, avec des têtes de coupe cylindriques ou coniques de $50 \text{ à } 200 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ de diamètre et de $100 \text{ à } 300 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ de longueur, montées sur tige de forage en acier (résistance à la traction $> 1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, dureté HRC $45 - 55 \pm 2$). Les méthodes de fixation incluent un assemblage mécanique par filetage (couple $> 50 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 5 \text{ N} \cdot \text{m}$) ou par soudage (résistance de soudage $> 800 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), garantissant un fonctionnement stable sous un couple élevé ($500 \text{ à } 2000 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 100 \text{ N} \cdot \text{m}$, valeur maximale jusqu'à $2500 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 150 \text{ N} \cdot \text{m}$). La surface de l'arête de coupe peut être revêtue de plusieurs couches de revêtement (TiN, TiAlN ou DLC, épaisseur $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$). Le coefficient de frottement est réduit à $< 0,15 \pm 0,05$, et la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1 \% \pm 0,5 \%$) sont améliorées. La conception intègre la mécanique de coupe et l'optimisation de la conduction thermique, avec un angle de coupe de $10^\circ - 20^\circ \pm 2^\circ$, adapté à des températures de fonctionnement de -20°C à $600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Caractéristiques des forets miniers en carbure résistants à l'usure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Français Les propriétés matérielles des forets miniers résistants à l'usure en carbure cimenté

WC offrent une dureté élevée (HV 1800-2200±30, localement jusqu'à 2400-2600±50), et sa structure cristalline hexagonale confère une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation > 800°C±20°C, résistance à l'oxydation > 95%±2%) ; Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{1c} 12-18 MPa·m^{1/2} ± 0,5, valeur de crête jusqu'à 20 MPa·m^{1/2} ± 0,5), et absorbe l'énergie d'impact (> 80 J±10 J, valeur de crête instantanée > 200 J±20 J). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure < 0,03 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m (de préférence < 0,015 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m), masse volumique 14,8-15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, coefficient de dilatation thermique (CTE) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. L'ajout de Cr₃C₂ génère une couche protectrice de Cr₂O₃ (épaisseur <0,1 μm±0,01 μm), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion <0,01 mm/an±0,001 mm/an, résistance au Cl⁻ >5000 heures±200 heures) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température (>900°C±20°C maintient 90%±2% de la dureté initiale, stabilité thermique >95%±2%).

Principe de fonctionnement des forets miniers en carbure résistants à l'usure

Le foret est entraîné par une foreuse (vitesse 50-300 tr/min ± 10 tr/min, poussée 10-50 kN ± 2 kN, puissance 100-500 kW ± 50 kW), et le forage est réalisé en brisant la roche à travers le tranchant. La surface du tranchant est soumise à un frottement élevé et à une charge thermique (température de surface 100-600 °C ± 20 °C, extrême jusqu'à 700 °C ± 30 °C), et la tige de forage fournit un support structurel (résistance à la traction > 1 500 MPa ± 50 MPa), une conduction thermique (conductivité thermique 40-50 W/m·K ± 2 W/m·K) et une résistance à la fatigue (durée de vie en fatigue > 10⁶ fois ± 10⁵ fois, charge cyclique > 200 MPa ± 20 MPa). La conception de précision du foret garantit que la tolérance est contrôlée à ±0,05 mm±0,02 mm, la rugosité de surface Ra<0,2 μm±0,1 μm et l'écart de perçage est <0,5°±0,2°.

Les performances des forets miniers en carbure cimenté résistants à l'usure

sont optimisées pour dépasser 400 à 700 heures ± 50 heures de durée de vie et 5 à 20 m/h ± 1 m/h (puissance > 200 kW ± 50 kW) lors du forage du granit (dureté HV 1000 ± 50), du grès (500 MPa) ou des veines de charbon profondes (300 MPa). L'analyse MEB ne montre aucune usure évidente du tranchant, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la forte cristallinité de la phase WC (> 95 % ± 2 %), et l'imagerie thermique montre une distribution des contraintes thermiques < 150 MPa ± 10 MPa.

Facteurs affectant les performances des forets miniers résistants à l'usure en carbure cimenté

La teneur en Co de

6%-12%±1% permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. <6%±1% entraîne une augmentation de 10%±2% du taux de fissuration, >12%±1% réduit la dureté de 5%±1% et augmente la dilatation thermique (CTE 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C). 8%-10%±0,5% est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

Français La granulométrie de

0,5-1 μm±0,01 μm réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure < 0,015 mm³ /N · m ± 0,01 mm³ /N · m), 1-1,5 μm±0,01 μm convient aux formations rocheuses de dureté moyenne, > 2 μm±0,01 μm augmente le taux d'usure de 15 % ± 3 % et réduit la ténacité de 10 % ± 2 %. L'angle

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de coupe

géométrique

de 10° - $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$ optimise l'efficacité du forage (poussée $< 30 \text{ kN} \pm 2 \text{ kN}$, consommation d'énergie $< 20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $> 20^{\circ} \pm 2^{\circ}$ réduit l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, $< 10^{\circ} \pm 2^{\circ}$ entraîne facilement un risque de coupe inégale de $5 \% \pm 1 \%$.

Traitement de surface

L'épaisseur du tranchant de $2 \text{ à } 4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ améliore la résistance à l'usure (durée de vie prolongée de $20 \% \pm 3 \%$), $< 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $> 4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ Le coût du mm augmente de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement TiAlN (épaisseur $0,5 \text{ à } 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, température de dépôt $500 \text{ à } 600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) réduit le coefficient de frottement ($< 0,15 \pm 0,05$) et améliore la résistance aux hautes températures ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$).

Traitement thermique :

La trempe des tiges de forage (dureté HRC $45-55 \pm 2$, profondeur $2-5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, température de trempe $850-900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) améliore les performances du support, réduit la durée de vie des tiges de forage non trempées de $15\% \pm 3\%$, et le revenu ($200-250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $2-4 \text{ heures} \pm 0,5 \text{ heures}$) réduit les contraintes résiduelles de $5\% \pm 1\%$. Une température

de l'environnement de travail

$> 600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ réduit la dureté de $3\% \pm 1\%$, une teneur en eau $> 5\% \pm 1\%$ ou une teneur en impuretés $> 3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de $5\% \pm 1\%$, et un environnement contenant du Cl^{-} (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente le taux de corrosion à $0,015 \text{ mm/an} \pm 0,002 \text{ mm/an}$.

Paramètres de l'équipement

: vitesse de rotation de $50 \text{ à } 300 \text{ tr/min} \pm 10 \text{ tr/min}$, poussée de $10 \text{ à } 50 \text{ kN} \pm 2 \text{ kN}$ et puissance de $100 \text{ à } 500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$, affectant la durée de vie et l'efficacité du trépan. Des paramètres excessifs ($> 10 \% \pm 1 \%$) réduisent la durée de vie de $15 \% \pm 2 \%$.

Types de forets miniers en carbure résistants à l'usure

Les forets cylindriques

sont adaptés au forage de roches dures (HV 1000 ± 50), diamètre $100-200 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, forte résistance aux chocs ($> 80 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), durée de vie de $500 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$ dans une mine en 2024.

Les forets coniques

sont utilisés pour les roches tendres ou les veines de charbon ($300-500 \text{ MPa}$), diamètre $50-150 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, vitesse de forage rapide ($> 15 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$), rendement $18 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$ dans une mine de charbon en

2023. Les forets composites

combinent PDC et carbure, adaptés au forage profond ($> 2000 \text{ m}$), diamètre $80-180 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, résistance aux hautes températures ($> 600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), durée de vie de $700 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$ dans un champ pétrolier en 2025.

Les forets spéciaux

comprennent des types de puits ultra-profonds ($> 3000 \text{ m}$) et de roches ultra-dures, adaptés aux environnements extrêmes, avec une durée de vie de test de $450 \text{ heures} \pm 50 \text{ heures}$ en 2025.

Application des

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

forets miniers en carbure résistants à l'usure Extraction de métaux

Utilisé pour le forage de granit dans les mines de cuivre (HV 1000±50), durée de vie de 500 à 700 heures ±50 heures, conformément à la norme ISO 10241. **Forage pétrolier**

Utilisé pour le forage pétrolier et gazier en profondeur (> 2000 m), résistance aux hautes températures (> 600°C±20°C), conformément à la norme API 7-1.

Extraction de charbon

pour forage de veines de charbon (300-500 MPa), vitesse de forage 15-20 m/h ± 1 m/h, conformément à la norme ISO 19250. **Exploration géologique**

pour échantillonnage de roches dures (HV 800 ± 50), précision du diamètre du trou ± 0,05 mm ± 0,02 mm, conformément à la norme ASTM D2113. **Développement énergétique**

pour forage géothermique (300-400 MPa), résistance à la chaleur (> 600 °C ± 20 °C), conformément à la norme IEC 61730.

de creusement de tunnels

: forage de tunnels rocheux (HV 900±50), résistance aux chocs (>80 J±10 J), conformément à la norme EN 1997.

Levé hydrographique

pour forage d'eau souterraine (200-300 MPa), résistance à la corrosion (résistance Cl⁻ >5000 heures ±200 heures), selon la norme ISO 22475.

La fondation du bâtiment

est adaptée au forage de fosses de fondation profondes (HV 700±50), avec une rugosité de surface de Ra<0,2 μm±0,1 μm, conformément à la norme ASTM D1586.

L'extraction de terres rares

est utilisée pour le forage de roches de minerai de terres rares (HV 1000±50), réduisant l'usure (<1%±0,5%), et répondant à la norme GB/T 12686.

L'ingénierie de défense nationale

est utilisée pour le forage de tunnels militaires (>300 MPa), avec une résistance à l'usure de >95%±2%, répondant à la norme MIL-STD-810.

Progrès technologiques et développement de forets miniers en carbure cimenté résistants à l'usure

Le nouveau matériau

introduit du nano-WC (grain < 0,5 μm ± 0,01 μm) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 ± 50) et ajoute du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température (> 700 °C ± 20 °C maintient 95 % ± 2 %).

de surveillance intelligents

intégrés (précision ± 0,05 %) surveillent l'usure des arêtes de coupe (profondeur > 1 mm ± 0,1 mm) et la température (< 700 °C ± 20 °C) en temps réel, optimisant ainsi les cycles de remplacement (erreur < 5 % ± 1 %).

La technologie d'impression 3D

utilise la technologie SLM (épaisseur de couche 40-60 μm ± 5 μm) pour fabriquer des forets complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de 10 % ± 2 %.

L'adaptabilité environnementale

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

développe des forets pour puits ultra-profonds et roches ultra-dures (résistance à la pression > 400 MPa $\pm$ 20 MPa, résistance à la température > 700 °C $\pm$ 20 °C).

durable

de la poudre WC (taux de recyclage > 80% $\pm$ 5%) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO₂ 20% $\pm$ 3%) conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les forets miniers résistants à l'usure en carbure cimenté

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

ISO 10241 (norme sur les mines de métaux)

API 7-1 (Norme relative aux équipements de forage pétrolier)

ISO 19250 (norme relative à l'exploitation du charbon)

ASTM D2113 (Norme d'exploration géologique)

MIL-STD-810 (Norme d'ingénierie de la défense nationale)

GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cimenté)

JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)



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

Que sont les billes de broyage en carbure ?

Les billes de broyage en carbure sont un matériau de broyage haute performance conçu pour les processus de broyage, de concassage et de mélange intensifs. Elles sont largement utilisées dans le traitement des minéraux, la fabrication de céramique, la métallurgie des poudres et l'industrie chimique. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision, pour offrir une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et à la corrosion, garantissant ainsi l'efficacité du broyage et la stabilité du matériau pendant le broyage à long terme. Composants clés du broyeur à boulets, les billes de broyage en carbure influencent directement la granulométrie, le rendement et la durée de vie de l'équipement. S'appuyant sur les dernières informations sur l'ensemble du réseau et les avancées technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant développe en détail les caractéristiques, les détails techniques et les applications des billes de broyage.

Propriétés physiques et chimiques

des billes de broyage en carbure cimenté Les billes de broyage en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, $\text{VC} < 1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5 \% - 1,5 \% \pm 0,1 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance aux chocs. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Français La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et le meilleur équilibre entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La bille de broyage à boulets est de géométrie sphérique, avec un diamètre de $5 \text{ à } 50 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, une finition de surface $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ et un écart de qualité $< 0,5 \% \pm 0,2 \%$, garantissant l'uniformité du broyage. Un revêtement multicouche (TiN, CrN ou WC/C, d'une épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peut être appliqué sur la surface, réduisant ainsi le coefficient de frottement à $< 0,15 \pm 0,05$, améliorant ainsi la résistance à l'usure et l'anti-adhérence (taux d'adhérence $< 1 \% \pm 0,5 \%$). La conception intègre une optimisation mécanique et est adaptée à des températures de fonctionnement comprises entre -20°C et $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Les propriétés matérielles des billes de broyage en carbure cimenté

WC offrent une dureté élevée (HV $1800 - 2200 \pm 30$, localement jusqu'à $2400 - 2600 \pm 50$), et sa structure cristalline hexagonale offre une excellente résistance à l'usure et à l'érosion (température de début d'oxydation $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, résistance à l'oxydation $> 95\% \pm 2\%$) ; Co améliore la ténacité grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique (K_{1c} $12 - 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,5, valeur de crête jusqu'à $20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, et absorbe l'énergie d'impact ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, valeur de crête instantanée $> 120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Grains fins et microstructure optimisée, taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (de préférence $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), masse volumique $14,8\text{-}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 génère une couche protectrice de Cr_2O_3 (épaisseur $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), ce qui améliore la résistance à la corrosion (taux de corrosion $< 0,01 \text{ mm/an} \pm 0,001 \text{ mm/an}$, résistance au Cl^- $> 5000 \text{ heures} \pm 200 \text{ heures}$) ; TaC et NbC augmentent la dureté à haute température ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ maintient $90\% \pm 2\%$ de la dureté initiale, stabilité thermique $> 95\% \pm 2\%$).

Principe de fonctionnement des billes de broyage en carbure cimenté

Les billes de broyage broient les matériaux par collision et frottement mutuels sous l'action du broyeur à boulets (vitesse $20\text{-}80 \text{ tr/min} \pm 5 \text{ tr/min}$, charge $50\text{-}70 \% \pm 5 \%$, puissance $50\text{-}200 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). La surface de la bille est soumise à des chocs et à une charge thermique élevés (température de surface $50\text{-}500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, extrême jusqu'à $600^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$), et l'efficacité de broyage est directement liée au diamètre de la bille et au taux de remplissage. La conception de précision de la bille assure un contrôle de tolérance de $\pm 0,05 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$, une rugosité de surface $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ et une uniformité de broyage $> 98 \% \pm 1 \%$.

Performances des billes de broyage en carbure cimenté

Dans les conditions de broyage de sable de quartz (dureté HV 800 ± 50), d'alumine (1000 MPa) ou de laitier (600 MPa), la durée de vie optimisée des billes de broyage dépasse $1000\text{-}1500 \text{ heures} \pm 100 \text{ heures}$, et la taille des particules de broyage atteint $D_{50} < 10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ (puissance $> 100 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). L'analyse SEM ne montre aucune usure évidente sur la surface, la diffraction des rayons X (DRX) vérifie la cristallinité élevée de la phase WC ($> 95\% \pm 2\%$), et l'imagerie thermique montre que la distribution des contraintes thermiques est $< 100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Facteurs affectant les performances des billes de broyage en carbure cimenté

La teneur en Co de

$6\%\text{-}12\% \pm 1\%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité. $< 6\% \pm 1\%$ entraîne une augmentation de $10\% \pm 2\%$ du taux de fissuration, $> 12\% \pm 1\%$ réduit la dureté de $5\% \pm 1\%$ et augmente la dilatation thermique (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). $8\%\text{-}10\% \pm 0,5\%$ est préféré pour équilibrer les performances et le coût.

Français Une granulométrie

de $0,5\text{-}1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure et les microfissures (taux d'usure $< 0,015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), $1\text{-}1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux matériaux de dureté moyenne, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure de $15 \% \pm 3 \%$ et la ténacité diminue de $10 \% \pm 2 \%$.

Une granulométrie

de $10\text{-}20 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ optimise l'efficacité du broyage (granulométrie $D_{50} < 10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$), $< 10 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ réduit l'efficacité de $10 \% \pm 2 \%$, $> 20 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente la consommation d'énergie de $15 \% \pm 2 \%$. L'épaisseur du revêtement

de traitement de surface

de $0,5 \text{ à } 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ améliore la résistance à l'usure (prolongation de la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$), $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ réduit la durée de vie de $20 \% \pm 3 \%$, $> 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \text{ mm}$ augmente le coût de $15 \% \pm 2 \%$. Le revêtement CrN (température de dépôt $400\text{-}450^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) réduit le coefficient

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de frottement ($< 0,15 \pm 0,05$) et améliore la résistance à la corrosion (résistance $\text{Cl}^- > 6\,000$ heures ± 200 heures).

Traitement thermique :

La trempe de la sphère (dureté HV 1800-2200 ± 30 , profondeur 1-2 mm $\pm 0,1$ mm, température de trempe 800-850°C $\pm 20^\circ\text{C}$) améliore les propriétés de surface, réduit la durée de vie de la sphère non trempée de 15% $\pm 3\%$, et le revenu (200-250°C $\pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 heures $\pm 0,5$ heures) réduit la contrainte résiduelle de 5% $\pm 1\%$. Une température

de l'environnement de travail

$> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ réduit la dureté de 3 % ± 1 %, une teneur en eau $> 5\% \pm 1\%$ ou une teneur en impuretés $> 3\% \pm 0,5\%$ augmente l'usure de 5 % ± 1 %, et le taux de corrosion dans un environnement contenant du Cl^- (concentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) augmente à 0,015 mm/an $\pm 0,002$ mm/an.

Paramètres de l'équipement

: vitesse 20-80 tr/min ± 5 tr/min, charge 50-70 % $\pm 5\%$, puissance 50-200 kW ± 50 kW affectent la durée de vie et l'efficacité de la bille. Des paramètres excessifs ($>$ limite supérieure 10 % $\pm 1\%$) réduisent la durée de vie de 15 % $\pm 2\%$.

Types de billes de broyage en carbure :

Les petites billes de broyage

d'un diamètre de 5 à 10 mm $\pm 0,1$ mm conviennent au broyage fin ($D_{50} < 5\,\mu\text{m} \pm 0,5\,\mu\text{m}$).

Les billes de broyage moyennes

d'un diamètre de 10 à 20 mm $\pm 0,1$ mm conviennent aux matériaux de dureté moyenne.

Les grosses billes de broyage

d'un diamètre de 20 à 50 mm $\pm 0,1$ mm conviennent au concassage et au mélange grossiers.

Les billes de broyage spéciales

comprennent des modèles résistants aux hautes températures ($> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) et à la corrosion.

Application des billes de broyage en carbure cimenté

Traitement minéral

pour le broyage du minerai de fer (HV 800 ± 50), durée de vie 1000-1500 heures ± 100 heures, conformément à la norme ISO 10058. Fabrication céramique

pour le broyage de l'alumine (1000 MPa), résistance à l'usure $> 95\% \pm 2\%$, conformément à la norme ISO 14704.

La métallurgie des poudres

est utilisée pour le broyage des poudres métalliques (HV 600 ± 50), avec une uniformité $> 98\% \pm 1\%$, conformément à la norme ASTM B214.

L'industrie chimique

est adaptée au broyage des matières premières chimiques (300-500 MPa), résistante à la corrosion Cl^- (> 5000 heures ± 200 heures), conformément à la norme ISO 3310.

Les matériaux de batterie

sont utilisés pour le meulage des matériaux d'électrode positive de batterie au lithium (HV 700 ± 50), avec une rugosité de surface $R_a < 0,2\,\mu\text{m} \pm 0,1\,\mu\text{m}$, conformément à la norme IEC 62619.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La production de peinture

est utilisée pour le broyage des pigments (HV 500±50), résistance aux chocs (>50 J±5 J), conformément à la norme ASTM D1210.

L'industrie du ciment

est utilisée pour le broyage du clinker (600 MPa), résistance aux hautes températures (>500°C±20°C), conformément à la norme EN 197.

La fabrication pharmaceutique

est adaptée à la micronisation des médicaments (HV 400±50) et à la résistance à la corrosion (> 4 000 heures ± 100 heures), conformément à la norme USP <429>.

La transformation alimentaire

est utilisée pour le broyage des additifs alimentaires (HV 300±50), conformément à la norme FDA 21 CFR.

La nanotechnologie

est utilisée pour le broyage des nanomatériaux (HV 800±50), avec une granulométrie D50 < 1 µm ± 0,1 µm, conformément à la norme ISO 13099.

Progrès technologiques et développement futur des billes de broyage en carbure cémenté

De nouveaux matériaux

introduisent du nano WC (grain < 0,5 µm ± 0,01 µm) pour améliorer la dureté (HV 2200-2600 ± 50), et ajoutent du TaC et du NbC pour améliorer la stabilité à haute température (> 600 °C ± 20 °C pour maintenir 95 % ± 2 %). Recherche en 2024 : Résistance à l'usure du revêtement WC/C (taux d'usure < 0,01 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m). Capteur intégré

de surveillance intelligente

(précision ±0,05%) surveillance en temps réel de l'usure des billes (réduction du diamètre >0,5 mm±0,05 mm) et de la température (<600°C±20°C), optimisation du cycle de remplacement (erreur <5%±1%), et une entreprise l'a testé avec succès en 2025.

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM (épaisseur de couche 40-60 µm±5 µm) pour fabriquer des sphères complexes, réduisant ainsi le gaspillage de matériaux de 10%±2%.

Adaptabilité environnementale

Développement de billes de broyage ultra-haute température et ultra-corrosion (résistance à la température >600°C±20°C, résistance Cl⁻ > 7000 heures±200 heures). Le recyclage

durable

de la poudre WC (taux de recyclage >80%±5%) réduit l'empreinte carbone (réduction de CO₂ de 20%±3%), conformément aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pour les billes de broyage en carbure cémenté

Les normes nationales et internationales comprennent toutes les normes pertinentes suivantes et leurs numéros :

ISO 10058 (Norme sur le traitement des minéraux)

ISO 14704 (norme sur le meulage des céramiques)

ASTM B214 (Norme sur la métallurgie des poudres)

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

ISO 3310 (Norme de criblage chimique)
IEC 62619 (Norme relative aux matériaux des batteries)
ASTM D1210 (Norme sur les revêtements)
EN 197 (norme ciment)
USP <429> (Normes pharmaceutiques)
FDA 21 CFR (normes alimentaires)
ISO 13099 (Norme relative aux nanotechnologies)
GB/T 5760 (Exigences techniques générales pour le carbure cémenté)
JB/T 7947 (Norme relative aux matériaux des outils de coupe en métal)



1

Que sont les rouleaux résistants à l'usure en carbure ?

Les cylindres en carbure résistants à l'usure sont des cylindres hautes performances conçus pour le laminage des métaux et sont largement utilisés dans la production de barres, de fils, de barres d'armature et de tubes en acier sans soudure dans l'industrie sidérurgique. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision et à des revêtements résistants à l'usure, pour une dureté, une résistance à l'usure, une résistance aux chocs et une dureté rouge à haute température excellentes, garantissant ainsi une précision de laminage et une fiabilité à long terme à grande vitesse et sous forte charge. Composants clés du laminoir, les cylindres en carbure résistants à l'usure influencent directement la qualité de surface de l'acier, l'efficacité du laminage et la durée de vie de l'équipement.

Propriétés physiques et chimiques des rouleaux résistants à l'usure en alliage dur

Le rouleau en carbure cimenté utilise du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure et du cobalt (Co, $6 \% - 30 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complétés par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, Ni $0 - 10 \% \pm 1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance à la fatigue thermique. Il est préparé par métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique des cylindres est personnalisée en fonction du type de laminoir, y compris les structures intégrales et combinées. Le diamètre du cylindre intégral est de $200 \text{ à } 600 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ et sa longueur de $500 \text{ à } 2500 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$; le cylindre combiné comprend une bague en carbure reliée mécaniquement ou moulée à un arbre de cylindre en acier. Les méthodes de fixation incluent le soudage haute fréquence ou les assemblages boulonnés pour garantir un fonctionnement stable sous fortes charges. Un revêtement (par exemple, TiN, TiAlN ou WC/C, d'une épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peut être appliqué à la surface du cylindre, réduisant le coefficient de frottement à $< 0,15 \pm 0,05$, améliorant ainsi la résistance à l'usure et l'anti-adhérence. La conception allie conductivité thermique et optimisation mécanique, avec une plage de températures de fonctionnement de -20°C à $700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Caractéristiques des rouleaux en carbure résistants à l'usure

Le WC offre une dureté élevée et sa structure cristalline hexagonale lui confère une excellente résistance à l'usure et à la fatigue thermique ; le Co améliore la ténacité et absorbe l'énergie d'impact

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique. Les grains fins optimisent la microstructure, taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, masse volumique $14,8\text{-}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, coefficient de dilatation thermique (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. L'ajout de Ni et de Cr_3C_2 améliore la résistance à la corrosion ; le TaC améliore la dureté à haute température.

Principe de fonctionnement des rouleaux en carbure cémenté résistants à l'usure :

les rouleaux déforment plastiquement la billette métallique en continu à travers les rainures sous l'action du laminage. La surface du rouleau est soumise à des frottements et des charges thermiques importants, tandis que l'arbre du rouleau assure le support structurel et la résistance à la fatigue. La conception précise des rouleaux garantit une tolérance de rainure contrôlée à $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, une rugosité de surface $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$ et une précision de laminage $< 0,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Ces rouleaux, optimisés pour les performances, offrent une excellente durée de vie et une excellente efficacité de laminage. L'analyse MEB montre l'absence d'usure notable des rainures, la diffraction des rayons X confirme la forte cristallinité de la phase WC et l'imagerie thermique révèle une faible répartition des contraintes thermiques.

Facteurs affectant les performances des rouleaux résistants à l'usure en carbure cémenté

Une teneur en Co de

6 % à 30 % $\pm 1 \%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, une teneur inférieure à 6 % $\pm 1 \%$ entraîne une augmentation du taux de fissuration, une teneur supérieure à 30 % $\pm 1 \%$ réduit la dureté et augmente la dilatation thermique, et une teneur de 10 % à 15 % $\pm 0,5 \%$ est préférable. Une

granulométrie de

0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure, une granulométrie de 1 à 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient au laminage sous charge moyenne et une granulométrie supérieure à 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure.

Géométrie de la rainure

Un angle de rainure de 10° à $20^\circ \pm 2^\circ$ optimise l'efficacité du laminage, une granulométrie supérieure à $20^\circ \pm 2^\circ$ réduit l'efficacité et une granulométrie inférieure à $10^\circ \pm 2^\circ$ provoque facilement l'adhérence du métal. Une épaisseur de revêtement

de traitement de surface

de 0,5 à 1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ améliore la résistance à l'usure, tandis que le revêtement TiAlN réduit le coefficient de frottement et améliore la résistance aux températures élevées. La trempe des rouleaux

par traitement thermique

améliore les performances de support et le revenu réduit les contraintes résiduelles. Une température ambiante de travail

supérieure à $700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ réduit la dureté, une teneur en eau ou en impuretés augmente l'usure et un environnement Cl^- augmente le taux de corrosion.

Les paramètres de l'équipement,

tels que la vitesse, la force et la puissance de laminage, affectent la durée de vie du rouleau, et des paramètres trop élevés réduisent cette durée de vie.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Types de rouleaux en carbure résistants à l'usure :

les rouleaux intégrés

conviennent aux laminoirs à forte charge, avec un diamètre de 300 à 600 mm $\pm$ 5 mm.

Les rouleaux combinés

, composés de bagues en carbure et d'arbres en acier, conviennent aux laminoirs à fil à grande vitesse.

Les rouleaux composites, dotés

de bagues en carbure moulées sur l'arbre, conviennent aux laminoirs à trois cylindres et offrent une excellente résistance aux hautes températures.

Les rouleaux spéciaux

sont disponibles en versions ultra-hautes températures et ultra-corrosion.

Applications des rouleaux en carbure résistants à l'usure :

Le laminage de barres

est utilisé pour les barres d'acier à haute teneur en carbone à longue durée de vie et répond aux normes ISO 10241.

Le laminage de fils

est utilisé pour les fils à grande vitesse avec une forte résistance à l'usure et répond aux normes API 7-1.

La production de barres d'armature

est utilisée pour le laminage de barres d'armature avec une forte résistance aux chocs et répond aux normes EN 10080.

La fabrication de tubes en acier sans soudure

est utilisée pour les laminoirs à trois cylindres avec une forte résistance aux températures élevées et répond aux normes ASTM A519.

Le laminage d'alliages spéciaux

est utilisé pour le laminage d'alliages de titane avec une forte résistance à la corrosion et répond aux normes AMS 4928.

Les rails de chemin de fer

sont utilisés pour le laminage de rails avec une faible rugosité de surface et répondent aux normes EN 13674.

Les pièces automobiles

sont utilisées pour le laminage d'acier pour engrenages avec une haute précision et répondent aux normes ISO 683.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour le laminage de tubes de chaudières à haute pression avec une forte résistance à la chaleur et répondent aux normes ASME SA-213.

Normes nationales et internationales pertinentes ISO

10241 API

7-1 EN 10080 ASTM A519 AMS 4928 EN 13674 ISO 683 ASME SA-213 GB/T 5760 JB/T 7947

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



Que sont les engrenages en carbure ?

Les engrenages en carbure sont des engrenages hautes performances conçus pour des charges élevées, des transmissions de précision et des conditions de travail extrêmes. Ils sont largement utilisés dans les machines lourdes, l'aéronautique, l'automobile, les équipements énergétiques et d'autres secteurs. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage et un traitement de surface de précision, pour offrir une excellente dureté, résistance à l'usure, aux chocs et aux hautes températures, garantissant ainsi une transmission précise et une fiabilité à long terme à grande vitesse et sous de fortes charges. En tant que composant clé du système de transmission, les engrenages en carbure influencent directement l'efficacité, le niveau sonore et la durée de vie des équipements. S'appuyant sur les dernières informations concernant l'ensemble du réseau et les progrès technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant développe en détail les caractéristiques, les détails techniques et les applications des engrenages.

Propriétés physiques et chimiques des engrenages en carbure cimenté

Les engrenages en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 15 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des traces d'additifs (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, Ni $0 - 5 \% \pm 1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$) pour optimiser la granulométrie, la résistance à l'usure et la résistance à la fatigue thermique. Ce matériau est préparé par métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique de l'engrenage est personnalisée en fonction des exigences de transmission, incluant des dents droites, hélicoïdales et coniques. Le module est compris entre 1 et 10 $\text{mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, le nombre de dents est compris entre 20 et 100 ± 1 , la hauteur des dents est comprise entre 10 et $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, et l'engrenage est monté sur un arbre en acier. Les méthodes de fixation incluent l'assemblage par clavette ou le fretage pour garantir un fonctionnement stable sous couple élevé. La surface des dents peut être revêtue (par exemple, TiN, TiAlN ou DLC, d'une épaisseur de $0,5$ à $2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$), et le coefficient de frottement est réduit à $< 0,15 \pm 0,05$, ce qui améliore la résistance à l'usure et l'anti-adhérence. La conception intègre la mécanique de transmission et l'optimisation de la gestion thermique, et la plage de températures de fonctionnement s'étend de -20°C à $600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Caractéristiques des rouleaux en carbure résistants à l'usure

Le WC offre une dureté élevée et sa structure cristalline hexagonale lui confère une excellente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance à l'usure et à la fatigue thermique ; le Co améliore la ténacité et absorbe l'énergie d'impact grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique. Les grains fins optimisent la microstructure, avec un taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, une masse volumique de $14,8-15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ et un coefficient de dilatation thermique (CTE) de $6 \times 10^{-6}/^\circ \text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ \text{C}$. L'ajout de Ni et de Cr_3C_2 améliore la résistance à la corrosion ; le TaC augmente la dureté à haute température.

Principe de fonctionnement des rouleaux en carbure résistants à l'usure.

Les engrenages transmettent la puissance par l'engrènement des dents dans le système de transmission. La surface des dents supporte une pression de contact et une charge thermique élevées, tandis que l'arbre assure le support structurel et la résistance à la fatigue. La conception précise des engrenages garantit une tolérance du profil des dents de $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, une rugosité de surface $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$ et une précision de transmission $< 0,02^\circ \pm 0,01^\circ$.

Les engrenages optimisés offrent une excellente durée de vie. L'analyse MEB ne révèle aucune usure notable à la surface des dents, la diffraction des rayons X confirme la forte cristallinité de la phase WC et l'imagerie thermique révèle une faible répartition des contraintes thermiques.

Facteurs affectant les performances des engrenages en carbure cémenté

Une teneur en Co de

6 % à $15 \% \pm 1 \%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, une teneur inférieure à 6 % $\pm 1 \%$ entraîne une augmentation du taux de fissuration, une teneur supérieure à $15 \% \pm 1 \%$ réduit la dureté et augmente la dilatation thermique, et une teneur de 8 % à $12 \% \pm 0,5 \%$ est préférable.

Une granulométrie de

$0,5 \text{ à } 1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure, une granulométrie de $1 \text{ à } 1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient à la transmission de charges moyennes et une granulométrie supérieure à $2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure. Un angle de pression

d'angle de profil de dent

de $20^\circ \pm 2^\circ$ optimise l'efficacité de la transmission, une granulométrie supérieure à $22^\circ \pm 2^\circ$ réduit l'efficacité et une granulométrie inférieure à $18^\circ \pm 2^\circ$ entraîne facilement un engrènement irrégulier.

Une épaisseur de revêtement

de traitement de surface

de $0,5 \text{ à } 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ améliore la résistance à l'usure, et le revêtement TiAlN réduit le coefficient de frottement et améliore la résistance aux hautes températures. La trempe des engrenages

par traitement thermique

améliore les propriétés de surface, et le revenu réduit les contraintes résiduelles. Une température

ambiante de travail

supérieure à $600^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ réduit la dureté, la teneur en eau ou en impuretés augmente l'usure, et l'environnement Cl^- augmente le taux de corrosion.

Paramètres de l'équipement

La vitesse, le couple et la puissance affectent la durée de vie des engrenages, et des paramètres trop

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

élevés réduisent leur durée de vie.

Types d'engrenages en carbure :

les engrenages droits

conviennent aux transmissions à basse vitesse, avec un module de $2 \text{ à } 5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.

Les engrenages hélicoïdaux

conviennent aux transmissions à vitesse moyenne, avec un module de $3 \text{ à } 7 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.

Les engrenages coniques

conviennent aux transmissions à grande vitesse, avec un module de $1 \text{ à } 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Parmi

les engrenages spéciaux

, on trouve des modèles résistants aux hautes températures et à la corrosion.

Application des engrenages en carbure

Les machines lourdes

sont utilisées pour la transmission des grues, avec une longue durée de vie et conforme à la norme ISO 6336.

L'aérospatiale

est utilisée pour les engrenages de moteurs d'avion, avec une forte résistance aux hautes températures et conforme à la norme AMS 6265.

L'industrie automobile

est utilisée pour les engrenages de boîtes de vitesses, avec un faible bruit et conforme à la norme ISO 14635.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour les engrenages de production d'énergie éolienne, avec une forte résistance à la fatigue et conforme à la norme IEC 61400.

Les équipements miniers

sont utilisés pour les engrenages de concasseurs, avec une forte résistance aux chocs et conforme à la norme ISO 10825.

L'industrie de la construction navale

est utilisée pour la transmission d'hélices, avec une forte résistance à la corrosion et conforme à la norme ABS.

Les locomotives ferroviaires

sont utilisées pour la transmission par boîte de vitesses, avec une haute précision et conforme à la norme EN 13232.

La technologie robotique

est utilisée pour la transmission par joints, avec une faible rugosité de surface et conforme à la norme ISO 9409.

Progrès technologiques et développement futur des engrenages en carbure cémenté.

De nouveaux matériaux

intègrent le nano-WC pour améliorer la dureté, et ajoutent du TaC et du Ni pour améliorer la stabilité à haute température. Des capteurs

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

intelligents

intégrés surveillent l'usure et la température de la surface des dents en temps réel afin d'optimiser les cycles de remplacement.

La technologie d'impression 3D

utilise le SLM pour fabriquer des engrenages complexes et réduire le gaspillage de matériaux.

L'adaptabilité environnementale

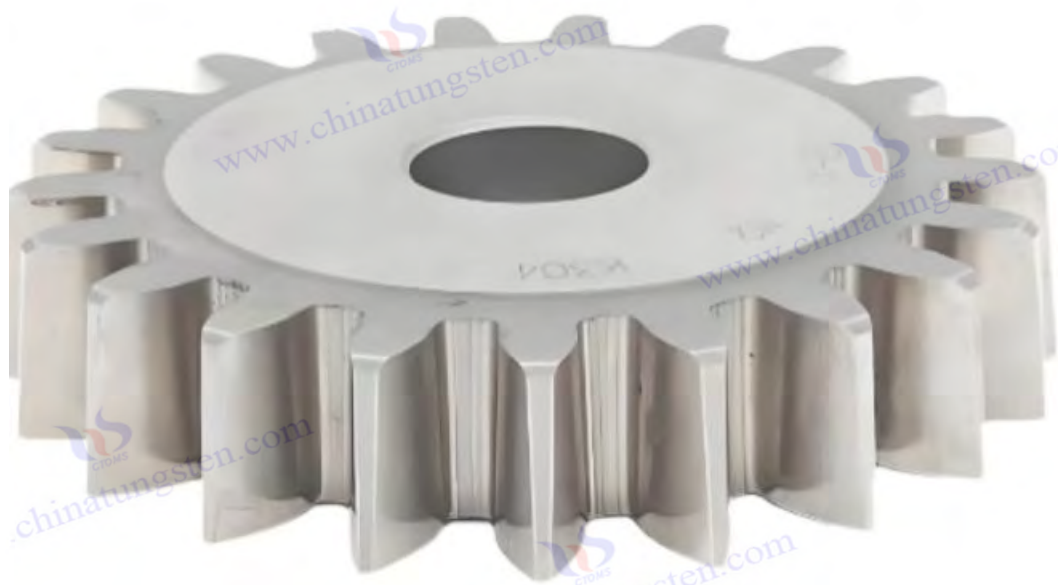
permet de développer des engrenages ultra-hautes températures et ultra-corrosifs. Le recyclage

durable

de la poudre de WC réduit l'empreinte carbone et répond aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales pertinentes pour les engrenages en carbure cémenté ISO 6336

AMS 6265 ISO 14635 IEC 61400 ISO 10825 EN 13232 ISO 9409 GB/T 5760 JB/T 7947



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

Qu'est-ce qu'une bague de roulement en carbure résistante à l'usure ?

Les coussinets de roulement en carbure résistants à l'usure sont des coussinets hautes performances conçus pour des charges élevées, un faible frottement et des conditions de travail extrêmes. Ils sont largement utilisés dans les machines minières, le forage pétrolier, les pompes chimiques et l'industrie automobile. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage de précision et à une modification de surface, pour offrir une dureté, une résistance à l'usure et à la corrosion excellentes, ainsi que des propriétés autolubrifiantes, garantissant ainsi la stabilité et la fiabilité à long terme du roulement à grande vitesse et sous de fortes charges. En tant que composant clé du système de roulement, les coussinets de roulement en carbure résistants à l'usure influencent directement la précision de fonctionnement, la durée de vie et les coûts de maintenance de l'équipement. S'appuyant sur les dernières informations concernant l'ensemble du réseau et les progrès technologiques du secteur en 2025, le contenu suivant développe en détail les caractéristiques, les détails techniques et les applications des coussinets.

Propriétés physiques et chimiques des coussinets de palier résistants à l'usure en carbure cimenté

Les coussinets en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur $> 90 \% \pm 1 \%$) comme phase dure, du cobalt (Co, $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) comme phase de liaison, complété par des additifs traces (tels que Cr_3C_2 $0,5 \% - 2 \% \pm 0,1 \%$, Ni $0 - 5 \% \pm 1 \%$, TaC $1 \% - 3 \% \pm 0,2 \%$) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la résistance à la corrosion. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température $1400 - 1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $150 - 200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, temps de maintien $30 - 60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température $1350 - 1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, pression $45 - 55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, temps de maintien $5 - 10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$), garantissant que le matériau atteint $99,9\% \pm 0,1\%$ de la densité théorique et que la porosité est $< 0,1\% \pm 0,05\%$. La granulométrie est contrôlée avec précision à $0,5 - 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (de préférence $0,8 - 1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint $95 \% \pm 2 \%$ (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est $> 98 \% \pm 1 \%$.

La conception géométrique de la bague est cylindrique ou complexe, avec un diamètre intérieur de $10 \text{ à } 200 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, un diamètre extérieur de $20 \text{ à } 250 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, une longueur de $20 \text{ à } 300 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et une épaisseur de paroi de $5 \text{ à } 50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. L'état de surface $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ et la tolérance sont contrôlées à $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ pour garantir la précision de l'ajustement avec l'arbre. Un revêtement (tel que TiN, MoS_2 ou DLC, d'une épaisseur de $0,5 \text{ à } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) peut être appliqué sur la surface intérieure, réduisant le coefficient de frottement à $< 0,1 \pm 0,05$ et améliorant la résistance à l'usure et l'autolubrification. La conception combine conductivité thermique et optimisation mécanique, avec une plage de température de fonctionnement de -20°C à $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Caractéristiques des bagues de roulement en carbure résistantes à l'usure

Le WC offre une dureté élevée et sa structure cristalline hexagonale lui confère une excellente résistance à l'usure et à la corrosion ; le Co améliore la ténacité et absorbe l'énergie d'impact grâce au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique. Les grains fins optimisent la microstructure, avec un taux d'usure $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, une masse volumique de $14,8\text{-}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ et un coefficient de dilatation thermique (CTE) de $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. L'ajout de Ni et de Cr_3C_2 améliore la résistance à la corrosion ; le TaC augmente la dureté à haute température.

Principe de résistance à l'

usure des coussinets en carbure. Les coussinets du système de roulement assurent le support et l'absorption des chocs par contact glissant ou roulant entre la surface intérieure et l'arbre. La surface intérieure est soumise à une pression de contact et à une charge thermique élevées, et le coussinet offre un faible frottement et une grande résistance à l'usure. La conception précise garantit une tolérance du diamètre intérieur de $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$, une rugosité de surface $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ et un faux-rond radial $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

La bague optimisée a une excellente durée de vie, l'analyse SEM ne montre aucune usure évidente sur la surface intérieure, la diffraction des rayons X vérifie la cristallinité élevée de la phase WC et l'imagerie thermique montre une faible distribution des contraintes thermiques.

Facteurs affectant les performances des coussinets de roulement résistants à l'usure en carbure cémenté

Une teneur en Co de

6 % à 12 % $\pm 1 \%$ permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté et ténacité, $< 6 \%$ $\pm 1 \%$ entraîne une augmentation du taux de fissures, $> 12 \%$ $\pm 1 \%$ réduit la dureté et augmente la dilatation thermique, et 8 % à 10 % $\pm 0,5 \%$ est préférée.

Une granulométrie

de $0,5 \text{ à } 1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure, $1 \text{ à } 1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux charges moyennes et $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure.

Précision du diamètre intérieur

Une tolérance de diamètre intérieur de $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ optimise la précision de l'ajustement, $> \pm 0,02 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ réduit l'efficacité et $< \pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$ augmente les coûts de traitement. L'épaisseur du revêtement

de traitement de surface

de $0,5 \text{ à } 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ améliore la résistance à l'usure, tandis que le revêtement MoS_2 réduit le coefficient de frottement et améliore l'autolubrification. La trempe

thermique

des bagues améliore les propriétés de surface, tandis que le revenu réduit les contraintes résiduelles. Une température

ambiante de travail

supérieure à $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ réduit la dureté, la teneur en eau ou en impuretés augmente l'usure et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'environnement Cl^- augmente le taux de corrosion.

Paramètres de l'équipement :

la vitesse, la charge et la puissance affectent la durée de vie des bagues, et des paramètres trop élevés la réduisent.

Types de coussinets en carbure résistants à l'usure :

Les coussinets standard

d'un diamètre intérieur de 10 à 50 mm $\pm 0,1$ mm conviennent aux roulements à faible vitesse.

Les coussinets moyens

d'un diamètre intérieur de 50 à 100 mm $\pm 0,1$ mm conviennent aux charges moyennes.

Les coussinets larges

d'un diamètre intérieur de 100 à 200 mm $\pm 0,1$ mm conviennent aux roulements à charges élevées.

Les coussinets spéciaux

comprennent des modèles résistants aux hautes températures et à la corrosion.

Application des coussinets de palier en carbure résistants à l'usure :

Les machines minières

sont utilisées pour les roulements de concasseurs, avec une longue durée de vie et conformes à la norme ISO 10825.

Le forage pétrolier

est utilisé pour les coussinets de pompe de forage, avec une forte résistance à la corrosion et conformes à la norme API 7K.

Les pompes chimiques

sont utilisées pour les pompes de fluides corrosifs, avec une résistance à la corrosion chimique et conformes à la norme ISO 13709.

L'industrie automobile

est adaptée aux roulements de moteur, avec un faible bruit et conformes à la norme ISO 14635.

Les équipements énergétiques

sont utilisés pour les roulements de production d'énergie éolienne, avec une forte résistance à la fatigue et conformes à la norme IEC 61400.

L'industrie navale

est utilisée pour les coussinets de systèmes de propulsion, avec une résistance à la corrosion par l'eau de mer et conformes à la norme ABS.

Les machines agricoles

sont utilisées pour les roulements de tracteurs, avec une faible rugosité de surface et conformes à la norme ISO 4254.

Les équipements médicaux

sont adaptés aux coussinets de pompe de haute précision, avec une haute précision et conformes à la norme ISO 13485.

Progrès technologiques et développement futur

des coussinets de roulement en carbure cimenté résistants à l'usure. De nouveaux matériaux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

intègrent le nano-WC pour améliorer la dureté, et ajoutent du TaC et du Ni pour améliorer la stabilité à haute température. Des capteurs

de surveillance intelligents

intégrés surveillent l'usure et la température de la surface intérieure en temps réel afin d'optimiser les cycles de remplacement.

La technologie d'impression 3D

utilise la SLM pour fabriquer des coussinets complexes afin de réduire le gaspillage de matériaux.

L'adaptabilité environnementale

permet de développer des coussinets ultra-hautes températures et ultra-corrosion. Le recyclage

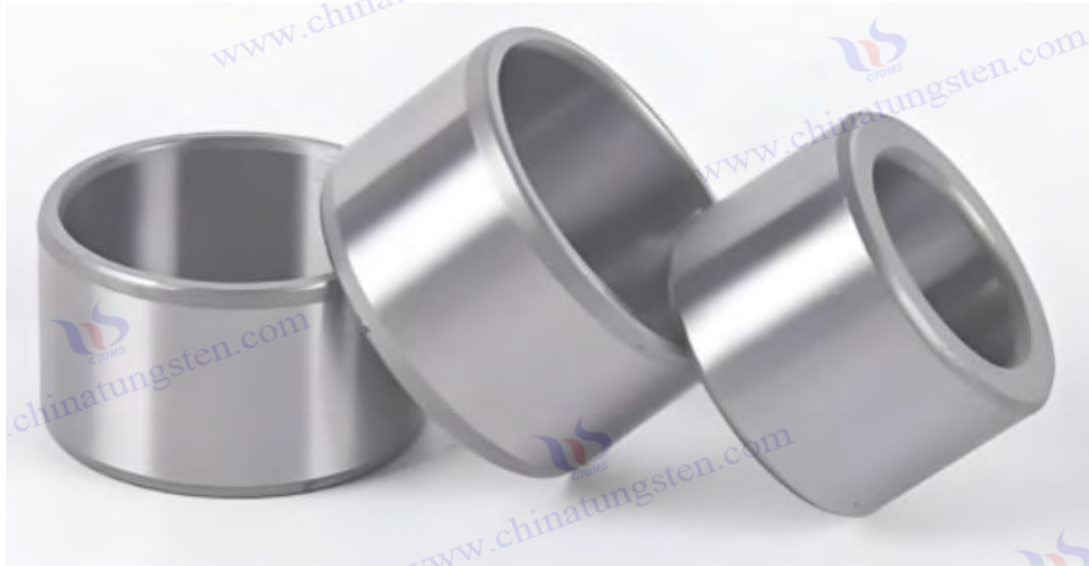
durable

de la poudre de WC réduit l'empreinte carbone et répond aux normes ISO 14040.

Normes nationales et internationales relatives aux bagues de roulement résistantes à l'usure en carbure ISO

10825API

7KISO 13709ISO 14635IEC 61400ISO 4254ISO 13485GB/T 5760JB/T 7947



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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Quels sont les instruments et équipements médicaux en carbure cimenté ?

Les instruments et équipements médicaux en carbure cimenté sont des outils médicaux haute performance, conçus pour une précision, une biocompatibilité et une durabilité élevées. Ils sont largement utilisés en chirurgie, dentisterie, orthopédie et diagnostic. Leur principal avantage réside dans l'utilisation de matériaux en carbure cimenté (tels que l'acier au tungstène et le système WC-Co), associée à un usinage et un traitement de surface de précision, pour offrir une dureté, une résistance à l'usure et à la corrosion exceptionnelles, ainsi que des propriétés antibactériennes exceptionnelles. Ils garantissent ainsi la précision et la sécurité des outils dans des environnements chirurgicaux complexes et des conditions d'utilisation prolongées. Composants clés du secteur médical, les instruments médicaux en carbure cimenté ont un impact direct sur l'efficacité chirurgicale, la récupération des patients et la durée de vie des équipements.

Propriétés physiques et chimiques des dispositifs médicaux en carbure cimenté

Les dispositifs médicaux en carbure cimenté utilisent du carbure de tungstène (WC, teneur > 90 % $\pm$ 1 %) comme phase dure, du cobalt (Co, 4 % à 8 % $\pm$ 1 %) comme phase de liaison et des traces d'additifs (tels que Cr₃C₂ 0,5 % à 2 % $\pm$ 0,1 %, TaC 0,5 % à 1,5 % $\pm$ 0,1 %, Ni 0 à 3 % $\pm$ 0,5 %) pour optimiser la taille des grains, la résistance à l'usure et la biocompatibilité. Il est préparé par un procédé de métallurgie des poudres. Les méthodes courantes incluent le pressage isostatique à chaud (HIP, température 1400-1500°C $\pm$ 10°C, pression 150-200 MPa $\pm$ 5 MPa, temps de maintien 30-60 min $\pm$ 5 min) ou le frittage par plasma d'étincelles (SPS, température 1350-1450°C $\pm$ 10°C, pression 45-55 MPa $\pm$ 1 MPa, temps de maintien 5-10 min $\pm$ 1 min), garantissant que le matériau atteint 99,9% $\pm$ 0,1% de la densité théorique et que la porosité est <0,1% $\pm$ 0,05%. La granulométrie est contrôlée avec précision à 0,5-1,5 μ m $\pm$ 0,01 μ m (de préférence 0,8-1 μ m $\pm$ 0,01 μ m), et l'équilibre optimal entre dureté et ténacité est obtenu grâce à l'équation de Hall-Petch ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). L'uniformité de la microstructure atteint 96 % $\pm$ 2 % (analyse métallographique), et le taux de renforcement local des joints de grains est > 98 % $\pm$ 1 %.

La conception géométrique des instruments est personnalisée en fonction de l'usage, incluant des lames chirurgicales, des ciseaux, des forets et des pinces, avec une plage de tailles de 0,5 à 50 mm $\pm$ 0,05 mm, une tolérance de $\pm$ 0,01 mm $\pm$ 0,005 mm et une finition de surface Ra < 0,05 μ m $\pm$ 0,02 μ m. Des revêtements biocompatibles (tels que TiN, ZrN ou DLC, d'une épaisseur de 0,5 à 1,5 μ m $\pm$ 0,1 μ m) peuvent être appliqués sur la surface, et le coefficient de frottement est réduit à < 0,1 $\pm$ 0,05, ce qui améliore la résistance à l'usure et les propriétés antibactériennes. La conception allie ergonomie et optimisation de la gestion thermique, avec une plage de températures de fonctionnement de -20 °C à 200 °C $\pm$ 10 °C, ce qui répond aux normes de sécurité pour le contact humain.

Caractéristiques des dispositifs médicaux en carbure cimenté

Le WC offre une dureté élevée et sa structure cristalline hexagonale lui confère une excellente résistance à l'usure et à la corrosion ; le Co améliore la ténacité et absorbe l'énergie d'impact grâce

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

au renforcement de la solution solide et à la déformation plastique. Les grains fins optimisent la microstructure, avec un taux d'usure $< 0,02 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, une masse volumique de $14,8\text{-}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ et un coefficient de dilatation thermique (CTE) de $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. L'ajout de Cr_3C_2 et de TaC améliore la résistance à la corrosion ; le Ni optimise la biocompatibilité et est conforme à la norme ISO 10993.

Principe de fonctionnement des instruments médicaux en carbure cémenté.

Les instruments utilisent des arêtes vives ou des forets pour usiner avec précision les tissus ou les matériaux lors d'une intervention chirurgicale ou d'un diagnostic. La surface de travail est soumise à une pression de contact élevée et à une légère charge thermique. Le revêtement réduit l'adhérence des tissus et améliore les propriétés antibactériennes. La conception précise garantit une tolérance des arêtes de $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, une rugosité de surface $R_a < 0,05 \mu\text{m} \pm 0,02 \mu\text{m}$ et une précision de coupe $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

L'outil optimisé a une excellente durée de vie, l'analyse SEM ne montre aucun dommage évident sur le tranchant, la diffraction des rayons X vérifie la cristallinité élevée de la phase WC et les tests antibactériens montrent un taux d'inhibition élevé.

Facteurs affectant les performances des dispositifs médicaux en carbure cémenté :

une teneur en Co de

4 % à 8 % ± 1 % permet d'obtenir le meilleur équilibre entre dureté, ténacité et biocompatibilité, une teneur inférieure à 4 % ± 1 % entraîne une augmentation du taux de fissuration, une teneur supérieure à 8 % ± 1 % réduit la dureté et augmente le risque de cytotoxicité, et une teneur de 5 % à 7 % $\pm 0,5$ % est préférable.

Une granulométrie

de $0,5$ à $1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ réduit efficacement l'usure, une granulométrie de 1 à $1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ convient aux charges moyennes et une granulométrie supérieure à $1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ augmente le taux d'usure. Un angle de coupe

de

15° à $25^\circ \pm 2^\circ$ optimise l'efficacité de coupe, une granulométrie supérieure à $25^\circ \pm 2^\circ$ réduit l'efficacité et une granulométrie inférieure à $15^\circ \pm 2^\circ$ provoque facilement des fissures sur l'arête de coupe. L'épaisseur du revêtement

de traitement de surface

de $0,5$ à $1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ améliore la résistance à l'usure et les propriétés antibactériennes, et le revêtement ZrN réduit le coefficient de frottement et améliore la biocompatibilité. La trempe des outils

de traitement thermique

améliore les propriétés de surface et le revenu réduit les contraintes résiduelles. Une température

ambiante de travail

supérieure à $200^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ réduit la dureté, la teneur en eau ou les taches de sang augmentent l'usure et l'environnement Cl^- augmente le taux de corrosion.

Paramètres de l'équipement

La vitesse de coupe, la charge et la puissance affectent la durée de vie de l'équipement, et des paramètres trop élevés réduisent la durée de vie.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Instruments médicaux en carbure.

Les lames chirurgicales en carbure

ont une longueur de 5 à 20 mm $\pm$ 0,05 mm, adaptées à la découpe des tissus mous.

Les forets dentaires en carbure

ont un diamètre de 1 à 5 mm $\pm$ 0,01 mm, adaptés au perçage de l'émail.

Les instruments orthopédiques en carbure

comprennent des lames de scie et des tournevis, d'une longueur de 20 à 50 mm $\pm$ 0,1 mm.

Les instruments spéciaux en carbure

comprennent des pinces résistantes à la corrosion et des outils de stérilisation à haute température.

Application des instruments médicaux en carbure cémenté

Chirurgie générale

pour la coupe des tissus, longue durée de vie, conforme à la norme ISO 7153.

Dentisterie

pour la préparation des couronnes, forte résistance à l'usure, conforme à la norme ISO 1797.

Orthopédie

pour la fixation des fractures, forte résistance aux chocs, conforme à la norme ASTM F136.

Neurochirurgie

pour la chirurgie mini-invasive, faible rugosité de surface, conforme à la norme ISO 13485.

Chirurgie plastique

pour le traitement des implants, bonne biocompatibilité, conforme à la norme ISO 10993.

Ophtalmologie

pour la chirurgie cornéenne, haute précision de coupe, conforme à la norme ISO 10939.

Vétérinaire

pour la chirurgie animale, forte résistance à la corrosion, conforme à la norme AVMA.

Instruments de diagnostic

pour les aiguilles de biopsie, fortes propriétés antibactériennes, conformes à la norme ISO 11607.

Progrès technologiques et développement futur

De nouveaux matériaux

introduisent le nano-WC pour améliorer la dureté, et ajoutent du TaC et du Ni pour améliorer la biocompatibilité.

Surveillance intelligente

Des capteurs intégrés surveillent l'usure des bords et la température en temps réel pour optimiser les cycles de remplacement.

La technologie d'impression 3D

utilise la SLM pour fabriquer des instruments complexes et réduire le gaspillage de matériaux.

L'adaptabilité environnementale

développe des instruments ultra-résistants à la corrosion et antibactériens. Le recyclage

durable

de la poudre de WC réduit l'empreinte carbone et répond aux normes ISO 14040.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Normes nationales et internationales pertinentes ISO

7153 ISO

1797 ASTM F136 ISO 13485 ISO 10993 ISO 10939 ISO 11607 GB/T 5760 YY/T 0290



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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

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
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