

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

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 11 Outils de coupe en carbure et traitement

11.0 Outils de coupe en carbure et traitement

11.0.1 Qu'est-ce que la coupe ?

L'usinage est un processus essentiel de l'usinage. Il consiste à utiliser des outils pour découper les excédents de matière afin d'obtenir la forme, la taille et la qualité de surface souhaitées. L'usinage repose sur l'affûtage de l'outil et la déformation plastique ou cassante du matériau. Il élimine progressivement la couche de matière grâce à des forces telles que le cisaillement, l'extrusion et la friction. L'usinage implique généralement une rotation ou un mouvement d'avance à grande vitesse, produisant des copeaux et présentant des propriétés physiques différentes selon qu'il s'agit de métaux (acier, fonte) ou de matériaux non métalliques (matériaux composites). L'efficacité et la qualité de l'usinage dépendent directement du matériau de l'outil, des paramètres géométriques, des paramètres de coupe (vitesse, avance, profondeur de passe), ainsi que de la dureté et de la ténacité du matériau de la pièce. Outil essentiel de l'usinage, les outils de coupe en carbure cémenté ont considérablement amélioré la précision de coupe, l'efficacité et la durée de vie de l'outil grâce à leurs excellentes performances, et sont devenus indispensables à l'industrie manufacturière moderne.

1.0.2 Que sont les outils de coupe en carbure ?

Les outils de coupe en carbure cémenté sont des outils de coupe fabriqués à partir de carbure cémenté. Ils sont largement utilisés pour l'usinage des métaux, l'usinage des matériaux non métalliques et l'usinage des matériaux composites. Grâce à leurs excellentes propriétés mécaniques et à leur durabilité, ils sont devenus un équipement essentiel de la fabrication moderne. Le carbure cémenté est un matériau composite composé de carbure (tel que le carbure de tungstène WC, le carbure de titane TiC, le carbure de tantale TaC) comme phase dure et de métal (tel que le cobalt Co, le nickel Ni) comme phase de liaison, grâce à des procédés avancés de métallurgie des poudres (mélange, pressage, frittage et post-traitement). Son procédé de préparation implique un dosage précis de matières premières de haute pureté, un frittage à haute température (1400-1600 °C) sous vide ou sous atmosphère inerte, ainsi qu'un usinage de précision ou un traitement de revêtement pour garantir l'uniformité du matériau et la stabilité des performances. Ses excellentes performances se reflètent principalement dans les aspects clés suivants :

Excellentes performances des outils de coupe en carbure cémenté - dureté élevée

La plage de dureté est HV 1600-2500 (± 30), ce qui est beaucoup plus élevé que l'acier rapide traditionnel (HV 800-900) ou l'acier à outils (HV 600-700). Cette caractéristique lui permet de couper efficacement une variété de matériaux à haute dureté, y compris les aciers (tels que l'acier au carbone Q235 HV 150-250 ± 10 , l'acier allié 40Cr HV 200-400 ± 10), les fontes (telles que la fonte grise HT200 HV 150-220 ± 10 , la fonte ductile QT500 HV 200-250 ± 10), ainsi que les matériaux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

difficiles à usiner (tels que l'alliage de titane TC4 HV 300-400±10, l'alliage à base de nickel Inconel 718 HV 400-500±10) et les matériaux ultra-durs (tels que le diamant polycristallin PCD HV >5000±50). Cette dureté élevée maintient la stabilité du tranchant lors de la coupe à grande vitesse, évite le désalignement géométrique dû à l'usure et prolonge considérablement la durée de vie de l'outil (jusqu'à des centaines d'heures dans des conditions de travail appropriées), le rendant particulièrement adapté aux tâches de coupe de haute précision et continues.

Excellentes performances des outils de coupe en carbure cimenté - excellente ténacité

La ténacité à la rupture (K_{IC}) est de 10 à 20 MPa·m^{1/2} (± 0,5), et un équilibre dynamique entre dureté et ténacité est obtenu en ajustant la teneur en cobalt de la phase liante (généralement 6 à 20 %) ou en ajoutant des traces d'éléments de terres rares (tels que Ce, La). Cette propriété de ténacité lui permet de résister aux chocs à haute fréquence, aux vibrations et aux contraintes thermiques pendant le processus de coupe, en particulier lors de coupes intermittentes (comme l'usinage de la fonte ou de pièces présentant des interstices), d'usinages à fortes charges (comme le perçage de trous profonds) ou de conditions de chargement intermittent. De plus, en optimisant la granulométrie (0,5 à 2 μm) ou en introduisant des carbures nanométriques, la résistance du matériau à la propagation des fissures est encore améliorée, garantissant l'intégrité structurelle de l'outil dans des conditions de travail complexes.

Excellentes performances des outils de coupe en carbure cimenté - résistance à l'usure

Le taux d'usure est inférieur à 0,05 mm³/N·m (± 0,01 mm³/N·m). Grâce à la dureté élevée des carbures et à la lubrification de la phase liante, l'outil conserve ses performances de coupe après une coupe prolongée (durée de vie > 10 h ± 1 h, jusqu'à 50 à 100 h selon les conditions d'utilisation). Les outils en carbure cimenté présentent une excellente résistance à l'usure, notamment à grande vitesse (1 000 à 2 000 m/min ± 10 m/min) ou en présence de particules dures (telles que des abrasifs pour meules, de la poudre céramique). Cette résistance à l'usure résulte de l'effet synergique de la structure dense du matériau (densité > 98 % de la valeur théorique) et du revêtement de surface (tel que TiN). Al₂O₃, TiAlN, épaisseur 5-25 μm), et est largement utilisé dans les scénarios de traitement à forte charge tels que le fraisage, le perçage et le tournage à grande vitesse.

Excellentes performances des outils de coupe en carbure cimenté - autres avantages en termes de performances

Outre les caractéristiques essentielles mentionnées ci-dessus, les outils de coupe en carbure cimenté présentent également une excellente résistance à l'oxydation à haute température (résistance à 800-1000 °C), un faible coefficient de dilatation thermique (environ 4,5-6,0 × 10⁻⁶ /°C) et une bonne stabilité chimique (résistance à la corrosion acide et alcaline). Ces caractéristiques leur permettent de s'adapter à divers environnements de traitement, de la température ambiante aux températures élevées (300-800 °C), et sont particulièrement adaptés à l'aérospatiale (comme le traitement des alliages de titane), à l'énergie (comme les lames en alliage haute température) et à l'électronique (comme le micro-usinage de haute précision). De plus, grâce aux technologies de fabrication modernes (comme le pressage isostatique à chaud HIP et le traitement de surface au laser), les défauts internes de l'outil (tels que les pores et les fissures) sont efficacement réduits, améliorant

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ainsi sa durée de vie et sa fiabilité.

Application et développement d'outils de coupe en carbure cémenté

Les outils de coupe en carbure cémenté sont utilisés dans une grande variété de pièces telles que l'acier, la fonte, les matériaux difficiles à usiner, les métaux non ferreux, les matériaux composites et les matériaux extra-durs. Ils sont largement utilisés dans l'industrie automobile (pièces de moteur, par exemple), l'aérospatiale (disques de turbine, par exemple), le moulage (outils d'emboutissage, par exemple) et l'électronique (perçage de circuits imprimés, par exemple). Avec l'essor de l'Industrie 4.0 et de la fabrication intelligente, les outils en carbure cémenté évoluent vers des performances élevées (revêtements nanométriques, matériaux à gradient, par exemple) et l'intelligence artificielle, notamment grâce à des capteurs intégrés permettant de surveiller l'usure ou d'optimiser les paramètres de coupe grâce à l'IA, pour une efficacité accrue et des besoins plus complexes.

11.0.3 Quels sont les outils de coupe en carbure cémenté ?

Les outils de coupe en carbure sont des outils de coupe fabriqués à partir de carbure cémenté. Grâce à leur excellente dureté, résistance à l'usure et ténacité, ils sont largement utilisés dans l'usinage des métaux et des non-métaux. Ces outils répondent à des besoins variés, de l'usinage général aux conditions de travail complexes et de haute précision, grâce à une conception précise, des procédés de traitement de surface avancés et une optimisation géométrique. Voici les principaux types d'outils de coupe en carbure, leurs caractéristiques, leurs applications et leurs technologies d'optimisation, expliqués de manière exhaustive et détaillée, en lien avec les pratiques industrielles et les dernières avancées technologiques.

(1) Les outils de tournage en carbure

sont essentiels au tournage. Grâce à la rotation de la pièce et à son avance axiale ou radiale, l'usinage du cercle extérieur, du trou intérieur, de la face frontale, du palier, du filetage et des contours complexes est réalisé. Les outils de tournage en carbure sont généralement fabriqués dans des matériaux de haute dureté (tels que YG6, YG8, YT15, YT30). Le corps de l'outil comprend des lames en carbure monobloc, des lames en carbure soudées ou des lames remplaçables pour répondre aux différentes exigences d'usinage. L'angle de coupe (5° - $15^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$) et l'angle de dépouille (6° - 12°) de l'outil sont optimisés géométriquement avec précision afin de réduire l'effort de coupe et la résistance à l'écaillage, et d'améliorer l'efficacité de coupe. L'angle de dépouille secondaire (1° - 3°) et le chanfrein de l'arête de coupe (0,1-0,2 mm) améliorent encore la résistance à l'écaillage. La technologie de revêtement de surface est largement utilisée, comme le revêtement PVD (TiN, TiCN, épaisseur 2-5 μm) et le revêtement CVD (Al_2O_3 , TiAlN (épaisseur 5-25 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$)) améliore considérablement la résistance à la chaleur (jusqu'à 1 000 $^{\circ}\text{C}$), à l'usure et à l'oxydation. Pendant le processus de coupe, l'outil de tournage doit supporter la charge stable d'une coupe continue ou l'impact d'une coupe intermittente. Sa durée de vie est généralement de 10 à 20 heures (± 1 heure) et sa précision peut atteindre $< 0,01 \text{ mm}$ ($\pm 0,001 \text{ mm}$), ce qui est adapté à l'usinage de pièces de haute précision. Ses caractéristiques techniques incluent une vitesse de coupe de 100 à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

500 m/min (± 10 m/min), une dureté HV de 1 800 à 2 200, une ténacité à la rupture de 12 à 18 MPa·m^{1/2} et un taux d'usure $< 0,05$ mm³/N·m. Il est largement utilisé dans l'industrie automobile pour traiter les vilebrequins, les arbres à cames et les bielles, la fabrication de moules, le tournage de précision des cavités de moules et les matrices d'emboutissage, ainsi que le traitement des pièces d'aviation, des cercles extérieurs en alliage de titane et des pièces en alliage d'aluminium.

(2) Fraises en carbure : Les fraises sont utilisées pour l'usinage à grande vitesse avec plusieurs lames sur une fraiseuse . Elles conviennent à l'usinage de plans, de rainures, de marches, de flancs et de surfaces courbes complexes. Elles constituent l'outil principal des centres d'usinage multiaxes. Les fraises en carbure comprennent les fraises en bout, les fraises à surfacer, les fraises à bout sphérique et les fraises à profiler. Les nuances couramment utilisées sont YG10 (haute ténacité, adaptée à la coupe intermittente), YT30 (haute résistance à la chaleur, adaptée aux températures élevées) et YW2 (excellentes performances globales). Les fraises en bout sont principalement des structures en carbure monobloc avec 2 à 4 lames et un diamètre de 3 à 20 mm. Elles conviennent aux trous et rainures de petit diamètre et à l'usinage de précision. Les fraises à surfacer ont des diamètres plus importants (50 à 200 mm) et utilisent des lames remplaçables ou intégrées. Elles possèdent 4 à 12 lames et sont adaptées au fraisage plan de grandes surfaces. Les fraises à boulets et les fraises à profiler sont utilisées pour l'usinage de surfaces courbes complexes et de moules. L'optimisation géométrique comprend l'angle d'hélice (30° - $45^{\circ} \pm 1^{\circ}$) pour améliorer l'évacuation des copeaux, l'angle de coupe positif (5° - 10°) pour réduire l'effort de coupe et l'angle R (0,5-2 mm) pour améliorer la résistance des arêtes. Revêtement CVD (tel que TiAlN , Le revêtement Al₂O₃ (épaisseur 10-25 μ m) ou PVD (tel que CrN (épaisseur 2-5 μ m)) offre une résistance à la température (jusqu'à 1100 °C) et une protection contre l'usure. Vitesse de coupe 200-1000 m/min, durée de vie 5-15 heures, précision $< 0,02$ mm, ses caractéristiques techniques sont une dureté HV 1700-2100, une ténacité à la rupture 14-20 MPa·m^{1/2}, une forte résistance aux chocs, les principaux scénarios d'application comprennent l'usinage aérospace de pièces en alliage d'aluminium et de composants en alliage de titane, le fraisage de surfaces complexes et d'outils d'emboutissage dans l'industrie du moulage, et l'usinage de pièces à rainures et de profils d'engrenages.

(3) Forets en carbure.

Les forets en carbure sont utilisés pour le perçage, remplaçant les forets traditionnels en acier rapide. Ils conviennent au perçage de trous profonds, de petits diamètres et de matériaux multicouches. Les forets hélicoïdaux sont polyvalents, utilisant l'YG6X (structure nanocristalline, dureté HV 1900-2000), avec un angle d'hélice de 25° - $35^{\circ} \pm 1^{\circ}$, et peuvent percer des trous de 5 à 50 mm de diamètre, adaptés au perçage général. Les forets pour trous profonds (tels que les forets canon) utilisent l'YW1, avec un rapport longueur/diamètre allant jusqu'à 100:1, équipés de canaux de refroidissement internes pour réduire l'accumulation de chaleur et l'évacuation des copeaux, et adaptés à l'usinage de trous profonds (> 100 mm). Les forets étagés utilisent une lame multicouche, permettant de percer simultanément des trous étagés de différents diamètres. Ils sont largement utilisés dans les moules et les pièces mécaniques. Revêtement PVD (tel que TiN , Le revêtement TiCN (épaisseur 10-15 μ m) ou CVD (diamant, épaisseur 5-10 μ m) améliore la résistance à l'usure et aux hautes températures, vitesse de coupe 50-300 m/min, durée de vie 10-30 heures, précision $< 0,01$ mm. Ses

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

caractéristiques techniques incluent une dureté HV 1800-2200, une résistance à l'usure $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, une bonne résistance aux hautes températures (jusqu'à 900°C), largement utilisée dans le perçage de pièces automobiles (telles que les blocs-cylindres, les bielles), le traitement des circuits imprimés de composants électroniques et le perçage de trous profonds de pièces structurales aéronautiques (telles que les joints d'aile). La clé de l'optimisation est d'ajouter un revêtement autolubrifiant (tel que MoS_2) pour réduire le frottement et optimiser la conception des rainures de copeaux pour éviter le colmatage.

(4) Outils d'alésage en carbure

Les outils d'alésage servent à agrandir ou à affiner les diamètres de trous existants. Ils sont généralement réglables, intégrés ou remplaçables. Les outils d'alésage d'ébauche utilisent du YG8 (dureté élevée, HV 1700-1900), avec une profondeur de coupe de 1 à 5 mm, adapté à l'ébauche rapide, et une plage de diamètres d'outil de 20 à 150 mm ; les outils d'alésage de précision utilisent du YT5 (dureté HV 1750-1850), avec une profondeur de coupe de 0,1 à 0,5 mm et une précision $< 0,005 \text{ mm}$, adapté à l'usinage de trous de haute précision. La géométrie de l'outil comprend un angle de coupe de 5° à 10° (un angle de coupe négatif peut être utilisé pour l'alésage d'ébauche), un angle de contre-dépôt secondaire de 2° à 5° et un angle de relaxation de l'arête de coupe ($0,2^\circ$ à $0,5^\circ$). Le revêtement CVD (tel que Al_2O_3 , épaisseur 10-20 μm) ou PVD (tel que TiAlN) améliore la résistance à la chaleur et l'état de surface. La vitesse de coupe est de 100 à 400 m/min, la durée de vie est de 15 à 25 heures et les caractéristiques techniques sont une ténacité à la rupture de 12 à 16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ et une rugosité de surface $R_a < 0,4 \mu\text{m}$. Les principales applications comprennent l'alésage fin de blocs-cylindres de moteurs (précision du diamètre du cylindre $< 0,01 \text{ mm}$), l'usinage de trous internes de pièces hydrauliques (comme le corps de pompe) et l'alésage de précision de moules (comme les matrices de poinçonnage).

(5) Alésoirs en carbure (Alésoirs)

Les alésoirs sont utilisés pour la finition du diamètre du trou, l'amélioration de la circularité, de la tolérance et de l'état de surface, et sont adaptés à la production de masse et aux exigences de haute précision. Les alésoirs mécaniques utilisent du YG6 (dureté HV 1800-2000), avec une plage de diamètre de 5 à 50 mm, 4 à 8 lames et une longueur de lame de 1,5 à 2 fois le diamètre ; les alésoirs réglables utilisent du YT 15, avec une plage de réglage de $\pm 0,02 \text{ mm}$, ce qui convient au réglage fin du diamètre du trou et à l'usinage multi-spécifications. La conception géométrique comprend des lames droites ou hélicoïdales (angle d'hélice 5° - 10°), un angle de coupe 5° - 8° , un revêtement PVD (tel que TiCN , épaisseur 10-15 μm) ou un revêtement CVD (tel que Al_2O_3) pour améliorer la résistance à l'usure et l'anti-adhérence. Vitesse de coupe 20-100 m/min, durée de vie 20-40 heures, précision $< 0,002 \text{ mm}$, ses caractéristiques techniques incluent la dureté HV 1800-2100, la résistance à l'usure $< 0,02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, largement utilisé dans la finition des trous de roulement (rondeur $< 0,005 \text{ mm}$), les trous d'arbre de transmission automobile et les pièces d'instruments de précision (telles que les trous d'outils de mesure).

(6) Broches en carbure :

Les broches sont utilisées pour le brochage et conviennent à la production en série de rainures de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

clavette, de formes de dents, de crémaillères et de contours complexes. Les broches circulaires utilisent du YW2 (forte résistance à la chaleur, HV 1750-2000), avec un diamètre de 10 à 100 mm, 10 à 20 dents et une hauteur de dent progressive (0,1 à 0,5 mm/dent) ; les broches plates utilisent du YG10, avec une largeur de 20 à 100 mm et 15 à 30 dents, adaptées au brochage plan. L'optimisation géométrique comprend un angle de coupe de 5° à 10°, une profondeur de rainure de 2 à 5 mm, un revêtement CVD (par exemple, TiAlN, d'une épaisseur de 15 à 20 µm) ou PVD (par exemple, CrN) pour améliorer la résistance aux chocs et à la chaleur. La vitesse de coupe est de 10 à 50 m/min, la durée de vie est de 10 à 20 heures et la précision est inférieure à 0,01 mm. Ses caractéristiques techniques sont une ténacité à la rupture de 14 à 18 MPa·m^{1/2} et une excellente résistance aux chocs. Ses principales applications comprennent le brochage de rainures de clavette d'engrenages (modules 1 à 5), l'emboutissage de dents de pièces structurelles aéronautiques (comme les connecteurs de fuselage) et l'emboutissage de moules (comme les matrices de poinçonnage).

(7) Outils de formage en carbure :

Les outils de formage sont utilisés pour usiner des formes spécifiques, telles que des profils de dents, des surfaces courbes ou des contours spéciaux, et sont largement utilisés dans l'usinage CNC multiaxes. La fraise à profil de dent utilise du YT30 (bonne résistance à la chaleur, HV 1600-1800), qui usine des engrenages avec un module de 1 à 10, et le diamètre de l'outil est de 50 à 200 mm ; la fraise à surface courbe utilise du YW1A, et l'usinage de surfaces courbes complexes nécessite une liaison 5 axes, et le rayon de l'outil est de 5 à 50 mm. La conception géométrique comprend des lames de formage (R 0,1-2 mm), des angles de relaxation (0,1°-0,5°) et des structures multi-lames (3-6 lames). Les revêtements PVD (tels que CrN, épaisseur 15-25 µm) ou CVD (tels que TiAlN) offrent une résistance à l'usure et une protection contre les températures élevées. La vitesse de coupe est de 50 à 200 m/min, la durée de vie est de 5 à 15 heures, la précision est < 0,02 mm, ses caractéristiques techniques incluent la dureté HV 1700-2000, la résistance à l'usure < 0,04 mm³ / N·m, largement utilisé dans le formage d'engrenages automobiles (module 2-8), le traitement de surface de pièces de précision (comme le boîtier de téléphone portable) et la fabrication de pales d'aviation (comme les pales de turbine).

(8) Outils de coupe spéciaux en carbure

Les outils de coupe spéciaux en carbure sont conçus pour des conditions de travail spécifiques, notamment les outils composites, les outils en matériaux extra-durs et les micro-outils. Les outils composites utilisent du YG6X (nanocristallin, HV 1900-2100), une conception à faible chaleur est requise pour l'usinage du CFRP, un diamètre d'outil est de 6 à 20 mm, le nombre de lames est de 2 à 4 ; les outils en matériaux extra-durs coupent le PCD, utilisent un revêtement CVD (tel que le diamant, épaisseur 5-10 µm), le diamètre de l'outil est de 3 à 15 mm ; le diamètre du micro-outil est < 1 mm, du nano carbure (grain < 0,5 µm) est utilisé et la précision est < 0,005 mm. La vitesse de coupe est de 100 à 500 m/min, la durée de vie est de 5 à 10 heures, ses caractéristiques techniques comprennent une dureté HV 1800-2200, une excellente résistance aux hautes températures (jusqu'à 1000°C), une résistance à l'usure < 0,03 mm³/N·m, et il est largement utilisé dans le traitement des matériaux composites aéronautiques (tels que les revêtements d'ailes), les cartes de microcircuits électroniques (telles que les substrats de puces) et le perçage de micro-trous de dispositifs médicaux.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(tels que les implants orthopédiques).

(8.1) Outils de coupe en nanocarbure.

Les outils de coupe en nanocarbure utilisent du carbure de qualité nanométrique (tel que YG6X, YW1) avec une granulométrie inférieure à $0,5\ \mu\text{m}$, et utilisent la technologie de frittage de nanopoudres pour améliorer la densité et la dureté du matériau. La géométrie de l'outil comprend un angle de coupe de 5° à 10° et un angle d'hélice de 30° à 40° . Le revêtement PVD (tel que TiN, Le TiAlN (épaisseur $5\text{-}10\ \mu\text{m}$) améliore la résistance à l'usure et aux hautes températures. Sa vitesse de coupe est de $200\text{-}600\ \text{m/min}$, sa durée de vie de 8 à 15 heures et sa précision est inférieure à $0,01\ \text{mm}$. Ses caractéristiques techniques incluent une dureté HV de 2 000 à 2 300, une ténacité à la rupture de $15\ \text{à}\ 20\ \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ et une résistance à l'usure inférieure à $0,02\ \text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$. Il est largement utilisé dans l'usinage de moules de haute précision, la finition de pièces automobiles et le réglage fin de pièces structurelles aéronautiques.

(8.2) Outils composites en carbure

Les outils composites en carbure sont conçus pour l'usinage des plastiques renforcés de fibres de carbone (CFRP, HV 200-300) et des plastiques renforcés de fibres de verre (GFRP). Ils sont fabriqués en YG6X (structure nanocristalline, HV 1900-2100) ou en matériaux composites dopés aux particules de SiC. Le diamètre de l'outil est de 6 à 20 mm et le nombre de lames est de 2 à 4. L'optimisation géométrique comprend un angle de coupe négatif (-5° à 0°) et une arête de coupe dentelée. Le revêtement CVD (tel que le diamant, épaisseur $5\text{-}15\ \mu\text{m}$) offre une capacité de coupe à faible chaleur, une vitesse de coupe de $100\ \text{à}\ 300\ \text{m/min}$, une durée de vie de 5 à 10 heures et une précision $< 0,02\ \text{mm}$. Ses caractéristiques techniques comprennent une excellente résistance aux températures élevées (jusqu'à 900°C) et une résistance à l'usure $< 0,03\ \text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$. Il est largement utilisé dans le traitement des composites aéronautiques (tels que les revêtements d'ailes), la fabrication de pales d'éoliennes et le moulage d'équipements sportifs.

(8.3) Outils en carbure cémenté extra-durs.

Les outils en carbure cémenté extra-durs sont conçus pour la coupe du diamant polycristallin (PCD, HV > 5000) et du nitrure de bore cubique (CBN, HV 4000-5000). Ils utilisent du YG6X comme substrat, avec un revêtement CVD (tel que du diamant, épaisseur $5\text{-}10\ \mu\text{m}$) ou des particules de CBN pour améliorer l'arête de coupe. Le diamètre de l'outil est de 3 à 15 mm et le nombre de lames est de 1 à 3. La conception géométrique comprend un angle de coupe de 0° à 5° et un angle de relaxation ($0,1^\circ$ à $0,3^\circ$), une vitesse de coupe de $50\ \text{à}\ 200\ \text{m/min}$, une durée de vie de 5 à 12 heures et une précision $< 0,005\ \text{mm}$. Ses caractéristiques techniques incluent une dureté HV de 2200 à 2500, une résistance à l'usure inférieure à $0,01\ \text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ et une excellente résistance aux températures élevées (jusqu'à 1100°C). Il est largement utilisé pour la finition des moules en carbure cémenté, la découpe de produits céramiques et le traitement des pierres précieuses.

(8.4) Micro-outils en carbure Les

micro-outils en carbure conviennent à l'usinage au micron. Ils sont fabriqués en nano-carbure (grain $< 0,5\ \mu\text{m}$), avec un diamètre d'outil $< 1\ \text{mm}$, une longueur de lame de 1 à 5 mm et 1 à 2 lames.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

L'optimisation géométrique comprend un angle de coupe de 5° à 15° et un angle de micro-hélice (20° à 30°). Le revêtement PVD (tel que CrN, épaisseur 2 à 5 μm) améliore la résistance à l'usure et l'anti-adhérence. Vitesse de coupe de 100 à 500 m/min, durée de vie de 5 à 10 heures, précision < 0,005 mm. Ses caractéristiques techniques comprennent une dureté HV de 2 000 à 2 300, une ténacité à la rupture de 12 à 15 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, une résistance à l'usure < 0,02 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$. Il est largement utilisé dans le traitement des microcircuits électroniques (tels que les substrats de puces), le perçage de micro-trous de dispositifs médicaux (tels que les implants orthopédiques) et la fabrication de systèmes microélectromécaniques (MEMS).

(8.5) Découpe PCD avec outils en matériaux extra-durs.

La découpe PCD avec outils en matériaux extra-durs est une application spécifique des outils en carbure cimenté. Elle utilise un substrat YG6X et applique un revêtement diamanté CVD (épaisseur 5-10 μm), un diamètre d'outil de 3-12 mm et 1-2 lames. La conception géométrique comprend un angle de coupe nul (0°) et une arête de coupe polie, une vitesse de coupe de 50-150 m/min, une durée de vie de 5 à 10 heures et une précision < 0,005 mm. Ses caractéristiques techniques incluent une dureté HV de 2200-2500, une résistance à l'usure < 0,01 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ et une excellente résistance aux hautes températures (jusqu'à 1200 °C). Elle est largement utilisée pour le réaffûtage des outils PCD, le dressage des moules en carbure cimenté et la fabrication d'outils de coupe de haute précision.

(8.6) Outils de coupe revêtus de carbure Les outils de coupe revêtus de carbure

sont revêtus de divers revêtements (tels que TiN, TiCN, Al_2O_3 , TiAlN (épaisseur 5-25 μm) par dépôt PVD ou CVD. Ils conviennent à l'usinage de matériaux variés. Les outils comprennent des outils de tournage, des fraises et des forets. Le choix du revêtement est adapté au matériau de la pièce. Par exemple : Le TiAlN est adapté à l'acier haute température, tandis que l' Al_2O_3 est adapté à la fonte. Sa vitesse de coupe est de 100 à 800 m/min, sa durée de vie est de 10 à 30 heures et sa précision est inférieure à 0,01 mm. Ses caractéristiques techniques incluent une dureté HV de 1800 à 2300, une résistance à l'usure inférieure à 0,03 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ et une résistance à l'oxydation jusqu'à 1000 °C. Il est largement utilisé dans l'usinage en série de pièces automobiles, la découpe d'alliages de titane pour l'aviation et la finition de moules.

(8.7) Outils de coupe en carbure pour l'usinage de matériaux composites aéronautiques (tels que les revêtements d'ailes)

Cet outil est spécialement conçu pour les matériaux composites aéronautiques (tels que CFRP, HV 200-300). Il utilise une matrice YG6X, dopée aux particules de diamant, un diamètre d'outil de 6 à 15 mm et 2 à 4 lames. La conception géométrique comprend des bords dentelés et des angles de coupe négatifs (-5° à 0°), un revêtement diamant CVD (épaisseur 10-15 μm) pour réduire les dommages thermiques, une vitesse de coupe de 100 à 300 m/min, une durée de vie de 5 à 10 heures et une précision < 0,02 mm. Ses caractéristiques techniques comprennent une résistance aux températures élevées (jusqu'à 900 °C) et une résistance à l'usure < 0,03 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$. Il est largement utilisé dans la découpe de précision des revêtements d'ailes, des panneaux de fuselage et des pièces structurelles aéronautiques.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(8.8) Outil de coupe pour microcircuits électroniques en carbure cémenté (tel que substrat de puce)

Cet outil de microcoupe est fabriqué en carbure nano-cémenté, avec un diamètre d'outil de 0,2 à 1 mm, une longueur de lame de 1 à 3 mm et 1 à 2 lames. La conception géométrique comprend un angle de coupe de 5° à 10° et un angle de micro-hélice (20° à 30°). Le revêtement PVD (tel que CrN, épaisseur 2 à 5 μm) améliore la résistance à l'usure. La vitesse de coupe est de 100 à 400 m/min, la durée de vie est de 5 à 10 heures et la précision est $< 0,005\text{ mm}$. Ses caractéristiques techniques comprennent une dureté HV de 2000 à 2300 et une résistance à l'usure $< 0,02\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Il est largement utilisé dans le traitement des micro-trous de substrats de puces, le perçage de circuits imprimés et la fabrication fine de composants électroniques.

(8.9) Outils pour le perçage de micro-trous de dispositifs médicaux (par exemple, implants orthopédiques)

Cet outil est fabriqué en nano-carbure, avec un diamètre d'outil de 0,5 à 2 mm, une longueur de lame de 2 à 5 mm et 1 à 2 lames. La conception géométrique comprend un angle de coupe de 10° à 15° et un bord poli. Le revêtement PVD (par exemple TiN, épaisseur 2 à 5 μm) assure la biocompatibilité, une vitesse de coupe de 50 à 200 m/min, une durée de vie de 5 à 15 heures et une précision de $< 0,005\text{ mm}$. Ses caractéristiques techniques comprennent une dureté HV de 2000 à 2200, une ténacité à la rupture de 12 à 15 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ et une résistance à l'usure $< 0,02\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Il est largement utilisé dans le perçage de micro-trous d'implants orthopédiques, le traitement d'outils dentaires et la finition de dispositifs médicaux.

(8.10) Outils médico-chirurgicaux en carbure

Les outils médico-chirurgicaux en carbure sont fabriqués en nano-carbure ultrafin (tel que YG6X), avec une longueur d'outil de 30 à 50 mm, une épaisseur de lame de 0,1 à 0,3 mm et une lame. La conception géométrique comprend un bord de lame ultra-mince ($R < 0,01\text{ mm}$) et un angle de coupe de 15° à 20°. Le revêtement PVD (tel que TiN, épaisseur 1 à 3 μm) offre une résistance à la corrosion et une biocompatibilité. La vitesse de coupe est de 10 à 50 m/min (manuelle ou mécanique à basse vitesse), la durée de vie est de 20 à 50 opérations et la précision est $< 0,01\text{ mm}$. Ses caractéristiques techniques comprennent une dureté HV de 2000 à 2300 et une résistance à l'usure $< 0,01\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Il est largement utilisé dans la coupe des tissus mous, la chirurgie plastique osseuse et la fabrication d'outils chirurgicaux mini-invasifs.

Les outils de coupe en carbure sont largement utilisés dans l'industrie automobile, l'aéronautique, le moulage et l'électronique en raison de leur diversité et de leurs hautes performances. Différents types d'outils sont sélectionnés en fonction du matériau de la pièce (acier, fonte, alliage de titane, etc.) et des exigences d'usinage (précision, vitesse, etc.), avec des nuances appropriées (séries YG, YT et YW, par exemple). Leur durée de vie est prolongée grâce aux revêtements (TiN, Al_2O_3), à l'optimisation géométrique (angle d'hélice, angle de coupe, etc.) et à la technologie de refroidissement (canaux de refroidissement internes, par exemple).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

tableau des outils de coupe en carbure cémenté

Couteaux taper	Notes typiques	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m ^{1/2})	Vitesse de coupe (m/min)	Précision (mm)	vie (Heure)	Principaux scénarios d'application
outil de tournage	YG6, YT15	1800-2200	12-18	100-500	<0,01	10-20	Arbres automobiles, finition de moules
Fraise	YG10, YT30	1700-2100	14-20	200-1000	<0,02	5-15	Peau aérospatiale, surface du moule
percer	YG6X, YW1	1800-2200	12-16	50-300	<0,01	10-30	de trous automobiles , perçage de circuits imprimés
outil d'alésage	YG8, YT5	1700-1850	12-16	100-400	<0,005	15-25	de cylindres , usinage de pièces hydrauliques
Fraise	YG6, YT15	1800-2100	12-16	20-100	<0,002	20-40	Trou de roulement, usinage de l'arbre de transmission
Broche	YW2, YG10	1750-2000	14-18	10-50	<0,01	10-20	Clavette d'engrenage, engrenage d'aviation
Outils de formage	YT30, YW1A	1600-2000	14-18	50-200	<0,02	5-15	Engrenages automobiles, pales d'aviation
Outils spéciaux	YG6X	1900-2100	12-16	100-500	<0,005	5-10	Matériaux composites, micro-usinage

11.0.4 Quels sont les objets de traitement adaptés aux outils de coupe en carbure cémenté ?

Grâce à leur excellente dureté, résistance à l'usure et ténacité, les outils de coupe en carbure cémenté permettent d'usiner efficacement une grande variété d'objets, qu'ils soient métalliques ou non métalliques. Ils présentent des avantages significatifs dans les domaines de la dureté élevée, des usinages difficiles et de l'usinage ultra-précis. Ces outils offrent un large éventail d'applications et une grande adaptabilité, et peuvent répondre aux besoins d'usinage des matériaux ordinaires aux conditions extrêmes. Vous trouverez ci-dessous une description détaillée des objets d'usinage adaptés aux outils de coupe en carbure cémenté, expliquée en détail, en tenant compte des propriétés physiques des matériaux, des exigences d'usinage spécifiques et des cas d'application concrets dans différents secteurs.

(1) Aciers

L'acier est l'objet le plus couramment utilisé pour les outils de coupe en carbure, notamment l'acier au carbone, l'acier allié et l'acier inoxydable. L'acier au carbone (tel que le Q235, dureté HV 150-250) présente une bonne usinabilité et convient à l'ébauche et à la finition générales ; l'acier allié (tel que le 40Cr, dureté HV 200-300) contient des éléments d'alliage comme le chrome et le nickel, présente une dureté plus élevée et exige une résistance thermique plus élevée lors de la coupe ; l'acier inoxydable (tel que le 304, dureté HV 150-250) est sujet à l'adhérence des copeaux en raison

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de sa ténacité et de sa viscosité élevées, ce qui augmente la difficulté de coupe. C'est pourquoi l'usinage adopte généralement une vitesse de coupe de 100 à 400 m/min, une avance de 0,1 à 0,3 mm/tr et une profondeur de coupe de 1 à 5 mm. Des revêtements antiadhésifs et résistants à la chaleur (tels que le TiAlN) sont utilisés pour réduire l'adhérence et l'accumulation de chaleur. Les nuances YT15 et YT30 constituent un choix idéal grâce à leur excellente résistance à la chaleur et à l'oxydation. Elles sont largement utilisées dans l'industrie automobile pour l'usinage de vilebrequins et d'engrenages, de composants d'arbres en fabrication mécanique et de structures en acier dans le secteur de la construction. Cependant, des arêtes rapportées et une accumulation de chaleur sont susceptibles de se produire pendant l'usinage. Ces problèmes doivent être résolus efficacement en optimisant l'utilisation du liquide de refroidissement et en ajustant la géométrie de l'outil.

(2) Fontes

La fonte est un autre matériau d'usinage important, notamment la fonte grise (comme la HT200, dureté HV 150-220), la fonte ductile (comme la QT500, dureté HV 200-250) et la fonte malléable. Ces matériaux sont connus pour leur fragilité, et les copeaux se brisent facilement lors de la coupe. Grâce à leur dureté élevée, les outils en carbure cémenté permettent d'usiner efficacement les surfaces rugueuses et les défauts internes de la fonte (tels que les trous de sable ou les pores). On utilise généralement des vitesses de coupe de 150 à 500 m/min, une avance de 0,2 à 0,5 mm/tr et une profondeur de coupe de 2 à 6 mm. En coupe intermittente, il est essentiel de garantir une ténacité élevée de l'outil. Les nuances YG6 et YG8 sont privilégiées pour leur bon équilibre entre ténacité et dureté, ainsi que pour leur excellente résistance aux chocs. Elles sont largement utilisées pour l'usinage et la fabrication de blocs-cylindres, de disques de frein et de pièces moulées pour corps de pompe. Cependant, les trous de sable et les points durs dans les pièces moulées peuvent provoquer une rupture des bords de l'outil, qui doit être réduite en ajustant les paramètres de coupe et en optimisant les stratégies d'usinage.

(3) Matériaux difficiles à usiner

Les matériaux difficiles à usiner comprennent principalement les alliages de titane (tels que le TC4, dureté HV 300-400), les alliages à base de nickel (tels que l'Inconel 718, dureté HV 400-500) et les alliages haute température. Ces matériaux sont largement utilisés dans l'industrie aéronautique. Leur résistance et leur ténacité élevées, ainsi que leur faible conductivité thermique, peuvent facilement générer des températures élevées lors de la coupe et provoquer une adhérence à la surface de la pièce, ce qui augmente la difficulté d'usinage. C'est pourquoi l'usinage adopte généralement des paramètres tels qu'une vitesse de coupe de 20 à 100 m/min, une avance de 0,05 à 0,2 mm/tr et une profondeur de coupe de 0,5 à 2 mm. Il est nécessaire d'équiper l'outil d'un système de refroidissement efficace et de sélectionner des conditions de coupe à faible vitesse et à couple élevé. Les nuances YW1 et YW2 présentent une résistance thermique accrue grâce à la présence de carbure de tantale (TaC). Associées à des revêtements PVD (tels que TiN), les performances sont encore améliorées. Ils sont largement utilisés dans l'usinage de précision des aubes de moteurs d'avion, des disques de turbine et des pièces de structure aéronautique. Cependant, la concentration de chaleur lors de la coupe peut entraîner une déformation de la pièce. Des outils spéciaux et une technologie d'usinage optimisée sont donc nécessaires pour garantir la qualité.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(4) Métaux non ferreux

Les métaux non ferreux comprennent les alliages d'aluminium (tels que le 6061, dureté HV 80-120), les alliages de cuivre (tels que le H62, dureté HV 100-150) et les alliages de magnésium. Ces matériaux sont tendres et ont tendance à adhérer à l'outil pendant la coupe, mais ils présentent une bonne conductivité thermique. Lors de l'usinage de ces matériaux avec des outils en carbure, une attention particulière doit être portée à la prévention de la formation d'arêtes rapportées et au maintien d'une surface lisse après usinage. Les paramètres généralement utilisés sont : vitesse de coupe de 300 à 1 000 m/min, avance de 0,1 à 0,4 mm/tr et profondeur de coupe de 1 à 4 mm. Des outils à angle de coupe élevé sont sélectionnés pour réduire la résistance à la coupe. Le YG6X (structure de grain ultra-fin, dureté élevée) et le YG10 (bonne ténacité) sont des choix idéaux et sont largement utilisés dans l'usinage de boîtiers d'équipements électroniques, de pièces automobiles légères et de pièces décoratives. Cependant, l'adhérence des outils et les rayures de surface sont les principaux problèmes, qui peuvent être améliorés par le polissage et le revêtement à faible friction.

(5) Matériaux composites

Les matériaux composites comprennent le plastique renforcé de fibres de carbone (PRFC, dureté HV 200-300) et le plastique renforcé de fibres de verre (PRFV). Ces matériaux sont anisotropes, d'une dureté élevée et d'une faible ténacité. Ils sont sujets au délaminage ou à la déchirure lors de la coupe et nécessitent une résistance à l'usure et une stabilité de coupe élevées de l'outil. C'est pourquoi l'usinage adopte généralement des paramètres tels qu'une vitesse de coupe de 100 à 300 m/min, une avance de 0,05 à 0,15 mm/tr et une profondeur de coupe de 0,2 à 1 mm. Une conception à faible température est nécessaire pour réduire les dommages thermiques. L'YG6X (structure nanocristalline) et les outils avec revêtement PCD sont les choix privilégiés et sont largement utilisés dans la fabrication de pièces de structure aéronautique, de pales d'éoliennes et d'équipements sportifs. Cependant, l'arrachement des fibres et les dommages thermiques sont des problèmes majeurs, qui peuvent être efficacement atténués par la technologie de coupe oscillante.

(6) Matériaux ultra-durs

Les matériaux extra-durs comprennent le diamant polycristallin (PCD, dureté HV > 5000) et le nitrure de bore cubique (CBN, dureté HV 4000-5000), principalement utilisés pour l'usinage de pièces ultra-dures et de haute précision. La dureté extrêmement élevée de ces matériaux nécessite des outils en carbure avec revêtement diamant ou CBN pour une coupe efficace. L'usinage utilise généralement des vitesses de coupe de 50 à 200 m/min, des avances de 0,01 à 0,1 mm/tr et des profondeurs de coupe de 0,1 à 0,5 mm. Des machines-outils à haute rigidité sont nécessaires pour garantir la stabilité de l'usinage. L'YG6X est utilisé comme support de substrat, associé à un revêtement diamant CVD pour améliorer la coupe. Ce matériau est couramment utilisé dans les moules en carbure, les produits céramiques et la coupe de précision des pierres précieuses. Cependant, l'outil s'use rapidement et la durée de vie du revêtement est limitée ; il doit donc être remplacé régulièrement ou la stratégie de coupe optimisée.

(7) Matériaux traités thermiquement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les matériaux traités thermiquement comprennent l'acier trempé (HRC 50-60, dureté HV 500-700) et l'acier cémenté. Ces matériaux présentent une dureté superficielle élevée, tout en conservant une certaine ténacité interne. Lors de la coupe, une attention particulière doit être portée à la résistance de la couche trempée. C'est pourquoi l'usinage adopte généralement des paramètres tels qu'une vitesse de coupe de 50 à 200 m/min, une avance de 0,05 à 0,2 mm/tr et une profondeur de coupe de 0,5 à 2 mm. Un revêtement résistant à la chaleur est nécessaire pour résister aux températures élevées. Les nuances YT5 et YW1 conviennent à l'usinage de ces matériaux grâce à leurs caractéristiques de résistance à la chaleur et de dureté. Elles sont largement utilisées pour les bagues de roulement, les arbres de transmission et la finition des outils après traitement thermique. Cependant, la couche trempée exige une force de coupe élevée, ce qui nécessite un contrôle de haute précision pour éviter une défaillance prématurée de l'outil.

Résumé de la demande

Les outils de coupe en carbure conviennent à l'acier, à la fonte, aux matériaux difficiles à usiner, aux métaux non ferreux, aux matériaux composites, aux matériaux extra-durs et aux matériaux traités thermiquement, couvrant un large éventail de besoins, de l'ébauche à la finition. En sélectionnant la nuance appropriée (par exemple, les séries YG, YT et YW) en fonction des caractéristiques du matériau à usiner et en optimisant les paramètres de coupe (vitesse, avance et profondeur de coupe), l'outil s'adapte efficacement à divers matériaux d'une dureté allant de HV 80 à 5000+. De plus, grâce à une conception géométrique et une technologie de revêtement avancées, les performances et la durée de vie de l'outil dans différents types d'usinage sont encore améliorées.

Comparaison des résumés de listes

Objet de traitement	Plage de dureté (HV)	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/r)	Profondeur de coupe (mm)	Grades applicables	Principaux scénarios d'application	défi
Acier	150-700	100-400	0,1-0,3	1-5	YT15, YT30	Pièces automobiles, arbres mécaniques	rapporté , accumulation de chaleur
fonte	150-250	150-500	0,2-0,5	2-6	YG6, YG8	Bloc moteur, disque de frein	Trou de sable, écaillage
Matériaux difficiles à traiter	300-500	20-100	0,05-0,2	0,5-2	YW1, YW2	Pales d'avion, disques de turbine	Concentration de chaleur, déformation
Métaux non ferreux	80-150	300-1000	0,1-0,4	1-4	YG6X, YG10	Boîtier électronique, léger pour l'automobile	collant , gratte
Matériaux composites	200-300	100-300	0,05-0,15	0,2-1	YG6X, PCD	Pièces structurelles pour l'aviation, pales d'éoliennes	Délaminage, dommages thermiques
Matériaux extra-durs	4000-5000+	50-200	0,01-0,1	0,1-0,5	YG6X, CVD	Moules en carbure, céramique	Usure rapide, durée de vie du revêtement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Objet de traitement	Plage de dureté (HV)	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/r)	Profondeur de coupe (mm)	Grades applicables	Principaux scénarios d'application	défi
Matériaux de traitement thermique	500-700	50-200	0,05-0,2	0,5-2	YT5, YW1	Bague de roulement, arbre de transmission	Couche durcie avec force de coupe élevée

Ce chapitre partira de quatre aspects : les performances de coupe, les objets de traitement, l'analyse des défaillances et l'amélioration des outils en carbure cémenté, et analysera systématiquement ses caractéristiques d'application, ses avantages techniques et ses directions d'optimisation dans le traitement de coupe, afin de fournir des conseils théoriques et des références pratiques pour la production industrielle.

11.1 Paramètres géométriques des outils en carbure cémenté

Les outils en carbure cémenté permettent une coupe efficace (vitesse $> 1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) et une longue durée de vie ($> 10 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$) en optimisant les paramètres géométriques (avant angle, angle du dos, inclinaison de l'arête de coupe) et revêtements (TiAlN , Al_2O_3). La composition ($\text{WC} > 80\% \pm 1\%$, $\text{Co} 6\% \pm 1\%$), le grain ($0,52 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) et le procédé (frittage $1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) affectent directement les performances (dureté HV 1600 - 2200 ± 30). Cette section commence par les performances des paramètres géométriques et l'optimisation de l'arête de coupe et des outils revêtus.

11.1.1 Paramètres géométriques et optimisation de pointe

Français Principes de base et aperçu technique

Les paramètres de géométrie de l'outil comprennent l'angle de coupe ($5^\circ 15' \pm 0,5^\circ$), l'angle arrière ($6^\circ 12' \pm 0,5^\circ$), l'angle d'inclinaison ($5^\circ 5' \pm 0,5^\circ$), le rayon de l'arête de coupe ($10 - 50 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) et la largeur de l'arête de coupe ($0,1 - 0,5 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), ce qui optimise les performances en réduisant les forces de coupe ($< 1000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$) et en améliorant la qualité de surface ($\text{Ra} < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). L'optimisation de l'arête de coupe est obtenue par meulage (grain de meule $< 10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) ou par traitement laser (puissance 100 - 200 W $\pm 10 \text{ W}$).

Les tests comprennent la force de coupe (dynamomètre, précision $\pm 1 \text{ N}$), la rugosité de surface (profilomètre, précision $\pm 0,01 \mu\text{m}$) et la morphologie de l'arête de coupe (MEB, résolution $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Par exemple, un outil P10 (angle avant $10^\circ \pm 0,5^\circ$) a une force de coupe de 800 N $\pm 10 \text{ N}$ et Ra 0,15 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Analyse du mécanisme et des performances :

L'angle de coupe ($5^\circ 15' \pm 0,5^\circ$) réduit la résistance à la coupe (coefficient de frottement $< 0,3 \pm 0,05$), et l'angle arrière ($6^\circ 12' \pm 0,5^\circ$) réduit l'usure de l'outil arrière (bande passante d'usure $< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm). Le rayon de l'arête de coupe ($1050 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) équilibre le tranchant et la résistance, et le rayon $< 20 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ est adapté à la finition ($R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Le MEB montre que l'arête de coupe optimisée ne présente pas de microfissures ($< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$), et l'EDS confirme que la distribution WC/Co est uniforme (écart $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$). Les tests de coupe montrent que la force de coupe de l'outil avec un angle de coupe de $10^\circ \pm 0,5^\circ$ est réduite de $15\% \pm 2\%$ par rapport à $5^\circ \pm 0,5^\circ$, et la durée de vie est augmentée de $20\% \pm 3\%$.

Analyse des facteurs d'influence

Angle de coupe : $10^\circ 15^\circ \pm 0,5^\circ$, la force de coupe diminue de $15\% \pm 2\%$; $< 5^\circ \pm 0,5^\circ$, l'usure augmente de $10\% \pm 2\%$.

Angle arrière : $6^\circ 12^\circ \pm 0,5^\circ$, largeur de bande d'usure $< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$; $> 15^\circ \pm 0,5^\circ$, réduction de la résistance de $10 \% \pm 2 \%$.

Rayon de coupe : $1020 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, excellente finition ; $> 50 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, force de coupe augmentée de $10 \% \pm 2 \%$.

Dureté du matériau : HV 1800 $\pm 2000 \pm 30$, stabilité des bords élevée ; $< 1600 \pm 30$, le taux d'écaillage des bords augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

Vitesse de traitement : $1000 1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, performances équilibrées ; $> 2000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, l'usure thermique augmente de $15 \% \pm 3 \%$.

Par exemple, la largeur de la bande d'usure d'un outil avec un angle de coupe de $5^\circ \pm 0,5^\circ$ (vitesse $1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) augmente à $0,15 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$.

La stratégie d'optimisation

visé à obtenir une force de coupe $< 1000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$, $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Optimisation géométrique : angle de coupe $10^\circ 15^\circ \pm 0,5^\circ$, angle arrière $6^\circ 12^\circ \pm 0,5^\circ$, rayon de coupe $1020 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$.

Traitement des bords : meulage laser (puissance $150 \text{ W} \pm 10 \text{ W}$), microfissures $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$.

Sélection des matériaux : grain WC $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Co $6\% 10\% \pm 1\%$.

Spécifications d'essai : ISO 1832 (paramètres géométriques), ASTM G99 (coefficient de frottement).

Vérification et optimisation : le MEB et le dynamomètre confirment la qualité des bords et les forces de coupe.

Par exemple, l'outil P10 (angle de coupe $10^\circ \pm 0,5^\circ$, rayon de coupe $15 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) a une force de coupe de $800 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$ et $R_a 0,15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

11.1.2 Performances des outils revêtus (PVD, CVD)

Français Principes de base et aperçu de la technologie

Les outils revêtus sont déposés par dépôt physique en phase vapeur (PVD, TiAlN, $23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) ou dépôt chimique en phase vapeur (CVD, Al_2O_3 , $35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) pour améliorer la dureté (HV

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

25003500±50), la 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 la résistance aux hautes températures ($>1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Le PVD convient à la découpe à grande vitesse ($>1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) et le CVD convient à la découpe sous forte charge (charge $>1000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$).

Les tests incluent la dureté du revêtement (nanoindentation, précision $\pm 50 \text{ HV}$), l'usure (ASTM G99, précision $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) et la durée de vie de l'outil (ISO 3685, précision $\pm 0,01 \text{ mm}$). Par exemple, un outil en PVDTiAlN présente une dureté de $\text{HV } 3000 \pm 50$ et une durée de vie de $12 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$.

Analyse du mécanisme et des performances

PVDTiAlN (Al 50%70%±1%) forme une structure nano-multicouche (épaisseur de couche $510 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$), améliore la dureté ($\text{HV } 3000 \pm 50$) et la résistance à l'oxydation (température d'oxydation $>1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). CVDAI_2O_3 (granulométrie $0,10,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$) fournit une barrière thermique (conductivité thermique $<10 \text{ W/m}\cdot\text{K} \pm 0,5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et réduit l'usure en cratère (profondeur $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). Le MEB montre que le revêtement PVD est dense (porosité $<0,1\% \pm 0,01\%$) et que le revêtement CVD a des grains réguliers (écart $<0,1\% \pm 0,02\%$). XPS confirme la liaison AlN dans TiAlN (Al $2p \sim 74 \text{ eV} \pm 0,1 \text{ eV}$).

Les tests de durée de vie montrent que la durée de vie des outils PVDTiAlN ($1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) est de $12 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$, et la durée de vie de CVDAI_2O_3 ($500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) est de $15 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$.

Analyse des facteurs d'influence

Épaisseur du revêtement : $25 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$, la durée de vie augmente de $30\% \pm 5\%$; $> 10 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$, le taux de pelage augmente de $15\% \pm 3\%$.

Température de dépôt : PVD ($400\text{-}600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), faible contrainte résiduelle ; CVD ($800\text{-}1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), adhérence augmentée de $10\% \pm 2\%$.

Taille des grains : $0,10,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$, dureté élevée ; $>1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$, la résistance à l'usure diminue de $10\% \pm 2\%$.

Vitesse de coupe : $> 1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, PVD est excellent ; $< 500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, CVD est applicable.

Dureté du substrat : $\text{HV } 1800\text{--}2000 \pm 30$, excellente adhérence du revêtement ; $<1600 \pm 30$, le taux de pelage augmente de $10\% \pm 2\%$.

Par exemple, le taux de pelage du revêtement TiAlN (épaisseur $10 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$) est passé à $20\% \pm 3\%$.

La stratégie d'optimisation

vise à obtenir une dureté HV de $2\,500 \text{ à } 3\,500 \pm 50$ et une durée de vie supérieure à $10 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$. Recommandations :

Options de revêtement : PVDTiAlN (coupe à grande vitesse), CVDAI_2O_3 (coupe à forte charge).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Optimisation de l'épaisseur : $25 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, porosité $< 0,1\% \pm 0,01\%$.

Optimisation de la matrice : grain WC $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Co $6\% \pm 1\%$.

Optimisation du dépôt : PVD ($500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), CVD ($900^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$).

Spécifications de test : ASTM E384 (nanoindentation), ISO 3685 (durée de vie).

Par exemple, l'outil PVDTiAlN ($2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) a une dureté de HV 3000 ± 50 et une durée de vie de 12 heures ± 1 heure.

11.2 Performances de coupe

Les performances de coupe des outils en carbure cémenté se reflètent dans une coupe à grande vitesse ($> 1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) et une résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) , répondant aux exigences de rendement élevé (temps de traitement $< 1 \text{ min/pièce} \pm 0,1 \text{ min}$) et de longue durée de vie ($> 10 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$). Les performances sont étroitement liées au matériau (WCCoTiC), au revêtement (TiAlN, Al_2O_3) et aux conditions de travail (vitesse, vitesse d'avance).

Cette section commence par la coupe à grande vitesse, la résistance à l'usure et la durée de vie de l'outil.

11.2.1 Découpe à grande vitesse ($> 1000 \text{ m/min}$)

Français Principes de base et aperçu technique

La coupe à grande vitesse ($1000\text{-}2000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) nécessite des outils à dureté élevée (HV $1800\text{-}2200 \pm 30$), à faible frottement (coefficient $< 0,3 \pm 0,05$) et à haute résistance à la température ($> 1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Les outils P10/YT15 (TiC $10\%\text{-}15\% \pm 1\%$) combinés à un revêtement PVDTiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) conviennent à l'acier (HV $200\text{-}400 \pm 10$) et aux alliages d'aluminium ($> 2000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$).

Les tests portent sur la température de coupe (mesure de température infrarouge, précision $\pm 5^\circ\text{C}$), l'état de surface ($\text{Ra} < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) et la durée de vie (ISO 3685, précision $\pm 0,01 \text{ mm}$). Par exemple, l'outil YT15 ($1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) présente une température de coupe de $800^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ et un Ra de $0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Analyse du mécanisme et des performances

La coupe à grande vitesse génère une contrainte de cisaillement élevée ($> 1000 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) et une charge thermique ($> 800^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), et les revêtements TiC ($10\% \text{ } 15\% \pm 1\%$) et TiAlN réduisent l'adhérence (coefficient de frottement $< 0,3 \pm 0,05$). Le grain $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ améliore la résistance à la fissuration thermique (fissure $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$). Le MEB montre que l'outil YT15 s'use uniformément (profondeur $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), et l'EDS confirme la distribution du TiC (écart $< 0,1\% \pm 0,02\%$). Les tests de coupe montrent que la durée de vie du YT15 ($1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) est de 12 heures ± 1 heure, ce qui est mieux que le YG6 (10 heures ± 1 heure).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Analyse des facteurs d'influence

Vitesse de coupe : 1000-1500 m/min $\pm$ 10 m/min, durée de vie > 10 heures $\pm$ 1 heure ; > 2000 m/min $\pm$ 10 m/min, l'usure thermique augmente de 15 % $\pm$ 3 %.

Revêtement : TiAlN (2 μ m $\pm$ 0,1 μ m) , durée de vie augmentée de 30 % $\pm$ 5 % ; sans revêtement, taux d'usure augmenté de 20 % $\pm$ 3 %.

Granulométrie : 0,51 μ m $\pm$ 0,01 μ m , excellente résistance à la fissuration thermique ; >2 μ m $\pm$ 0,01 μ m , le taux de fissuration augmente de 10 % $\pm$ 2 %.

Liquide de refroidissement : à base d'huile, la température baisse de 10 % $\pm$ 2 % ; à base d'eau, le taux d'usure augmente de 10 % $\pm$ 2 %.

Dureté de la pièce : HV 200400 $\pm$ 10, performances équilibrées ; >600 $\pm$ 10, augmentation de l'usure de 15% $\pm$ 3%.

Par exemple, la durée de vie d'un outil YG6 (2000 m/min $\pm$ 10 m/min) est réduite à 8 heures $\pm$ 1 heure.

La stratégie d'optimisation

vise une durée de vie > 10 heures $\pm$ 1 heure et un Ra < 0,2 μ m $\pm$ 0,01 μ m . Les recommandations suivantes sont recommandées :

Sélection d'outils : YT15/P10, TiC 10%15% $\pm$ 1%.

Optimisation du revêtement : PVDTiAlN (23 μ m $\pm$ 0,1 μ m) , résistance à l'usure augmentée de 30% $\pm$ 5%.

Optimisation des grains : 0,51 μ m $\pm$ 0,01 μ m , VC ajouté (0,2 % $\pm$ 0,01 %).

Optimisation du refroidissement : Liquide de refroidissement à base d'huile, température <800°C $\pm$ 5°C.

Spécifications d'essai : ISO 3685 (durée de vie), ISO 1832 (qualité de surface).

Par exemple, YT15 (TiAlN , 1500 m/min $\pm$ 10 m/min) a une durée de vie de 12 heures $\pm$ 1 heure et Ra 0,1 μ m $\pm$ 0,01 μ m .

11.2.2 Résistance à l'usure et durée de vie de l'outil (> 10 heures)

Principes de base et aperçu technique La résistance à l'usure

se reflète par un faible taux d'usure (< 0,05 mm³/N·m $\pm$ 0,01 mm³/ N· m) et une longue durée de vie (> 10 heures $\pm$ 1 heure), en fonction de la dureté (HV 1800-2200 $\pm$ 30), du revêtement (TiAlN , Al₂O₃) et des conditions de travail (vitesse d'avance 0,10,5 mm/ r $\pm$ 0,01 mm/r). Les outils YG8 (Co 8 % $\pm$ 1 %) conviennent à la coupe à vitesse moyenne (500-1000 m/min $\pm$ 10 m/min), les outils CVDAl₂O₃ conviennent aux charges lourdes (charge > 1000 N $\pm$ 10 N).

Les tests incluent le taux d'usure (ASTM G99, précision $\pm$ 0,01 mm³/ N· m) , la durée de vie de l'outil (ISO 3685, précision $\pm$ 0,01 mm) et la morphologie de l'usure (MEB, résolution < 0,1 μ m $\pm$ 0,01 μ m) . Par exemple, le taux d'usure de l'outil YG8 est de 0,04 mm³/N·m $\pm$ 0,01 mm³/ N·m et la durée de vie de l'outil est de 15 heures $\pm$ 1 heure.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Analyse du mécanisme et des performances

Une teneur élevée en WC ($> 90 \% \pm 1 \%$) assure la dureté (HV 1800 ± 30), le Co ($6 \% \pm 1 \%$) améliore la ténacité ($K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) et le revêtement réduit le frottement (coefficient $< 0,3 \pm 0,05$). Le revêtement Al_2O_3 ($35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) inhibe l'usure abrasive (largeur de bande d'usure $< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). Le MEB montre que la surface d'usure YG8 est lisse ($R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) et que l'outil CVDAl_2O_3 ne présente aucun écaillage (écart $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$). Le test de durée de vie montre que l'outil CVDAl_2O_3 ($500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) a une durée de vie de $15 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$, ce qui est mieux que le PVDTiAlN ($12 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$).

Analyse des facteurs d'influence

Type de revêtement : Al_2O_3 , résistance à l'usure augmentée de $30 \% \pm 5 \%$; TiAlN , excellent pour la coupe à grande vitesse.

Teneur en Co : $6\%12\% \pm 1\%$, ténacité élevée; $< 6\% \pm 1\%$, taux d'écaillage augmenté de $10\% \pm 2\%$.

Vitesse de coupe : $5001000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, durée de vie $> 10 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$; $> 1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, augmentation de l'usure de $15 \% \pm 3 \%$.

Vitesse d'avance : $0,10,5 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$, performances équilibrées; $> 1 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$, le taux d'usure augmente de $10 \% \pm 2 \%$.

Conditions de travail : Coupe à sec, le taux d'usure augmente de $10 \% \pm 2 \%$; coupe humide, la durée de vie augmente de $20 \% \pm 3 \%$.

Par exemple, le taux d'usure du YG8 (non revêtu) 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

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 une durée de vie $> 10 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Sélection d'outils : YG8 (vitesse moyenne), CVDAl_2O_3 (charge lourde).

Optimisation du revêtement : Al_2O_3 ($35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$), résistance à l'usure augmentée de $30\% \pm 5\%$.

Optimisation de la composition : Co $8\%12\% \pm 1\%$, grain WC $0,52 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Optimisation des conditions de travail : coupe humide, vitesse d'avance $0,10,5 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$.

Spécifications de test : ASTM G99 (taux d'usure), ISO 3685 (durée de vie).

Par exemple, le taux d'usure de l'outil CVDAl_2O_3 (substrat YG8) 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 $15 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$.

11.3 Objet de traitement

Les outils en carbure sont optimisés pour différents types d'usinage (acier, fonte, alliage de titane, matériaux composites, matériaux extra-durs) afin de répondre aux exigences de précision ($< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$) et de durée de vie ($> 10 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$). Le choix de l'outil est basé sur la dureté de la pièce (HV $150-5000 \pm 10$), la vitesse de coupe ($500-2000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) et le revêtement (TiAlN , Al_2O_3).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Cette section commence par l'acier, la fonte et les matériaux difficiles à usiner ainsi que les matériaux composites et les matériaux ultra-durs.

11.3.1 Acier, fonte et matériaux difficiles à usiner (alliages de Ti)

Principes de base et aperçu technique

L'acier (HV 200400±10) nécessite des outils de type P (P10, TiC 10%15%±1%), la fonte (HV 150250±10) nécessite des outils de type K (K20, WC>90%±1%), et l'alliage de Ti (HV 300400±10) nécessite des outils à haute ténacité (YG8, Co 8%±1%). Le revêtement PVDTiAlN (23 µm±0,1 µm) convient à l'acier et à l'alliage de Ti, et le CVDAI₂O₃ (35 µm±0,1 µm) convient à la fonte.

Les tests portent sur l'état de surface ($R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), la force de coupe ($< 1\,000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$) et la durée de vie de l'outil (ISO 3685, précision $\pm 0,01 \text{ mm}$). Par exemple, un outil P10 (acier) présente un R_a de $0,15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ et une durée de vie de 12 heures ± 1 heure.

Analyse du mécanisme et des performances

Dans le traitement de l'acier, les outils P10 (TiC 10%15%±1%) réduisent l'adhérence (coefficient de frottement $< 0,3 \pm 0,05$) et les outils K20 (WC>90%±1%) résistent à l'usure abrasive de la fonte (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 alliages de Ti génèrent des températures élevées ($> 800^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) en raison de la faible conductivité thermique ($< 10 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 0,5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), et les outils YG8 ($K_{1c} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) résistent à l'écaillage. Le MEB montre que le P10 s'use uniformément (profondeur $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) et que le K20 a une surface lisse ($R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Les tests de coupe montrent que la durée de vie du P10 (acier, 1500 m/min±10 m/min) est de 12 heures±1 heure, et la durée de vie du K20 (fonte, 800 m/min±10 m/min) est de 15 heures±1 heure.

Analyse des facteurs d'influence

Dureté de la pièce : HV 200400±10, P10 excellent ; HV 150250±10, K20 applicable.

Vitesse de coupe : 10001500 m/min±10 m/min (acier), 8001200 m/min±10 m/min (fonte).

Revêtement : TiAlN (acier, alliage de Ti), Al₂O₃ (fonte), durée de vie augmentée de 30%±5%.

Matériau de l'outil : TiC (acier), WC (fonte), Co 8%12%±1% (alliage de Ti).

Liquide de refroidissement : à base d'huile, taux d'usure réduit de 10 % $\pm$ 2 % ; coupe à sec, usure augmentée de 15 % $\pm$ 3 %.

Par exemple, la durée de vie du P10 (alliage de Ti, 2000 m/min±10 m/min) est réduite à 8 heures±1 heure.

La stratégie d'optimisation

viser une durée de vie > 10 heures ± 1 heure et un $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Sélection d'outils : P10 (acier), K20 (fonte), YG8 (alliage de Ti).

Optimisation du revêtement : TiAlN (23 µm±0,1 µm, acier/alliage Ti), Al₂O₃ (35 µm±0,1 µm, fonte).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fonte).

Conditions de travail optimisées : liquide de refroidissement à base d'huile, vitesse 8001500 m/min $\pm$ 10 m/min.

Optimisation des grains : 0,52 μ m $\pm$ 0,01 μ m , ténacité et dureté équilibrées.

Spécifications d'essai : ISO 3685 (durée de vie), ISO 1832 (qualité de surface).

Par exemple, K20 (Al₂O₃ , fonte) a une durée de vie de 15 heures $\pm$ 1 heure et Ra 0,15 μ m $\pm$ 0,01 μ m .

11.3.2 Matériaux composites et matériaux extra-durs

Principes de base et aperçu de la technologie

Les matériaux composites (CFRP, GFRP, résistance > 1000 MPa ± 10 MPa) et les matériaux ultra-durs (PCD, HV $> 5000 \pm 50$) nécessitent des outils de dureté élevée (HV 2000 3000 ± 50) et des revêtements spéciaux (DLC, 12 μ m $\pm 0,1$ μ m) . Les outils N10 (Co $< 6 \% \pm 1 \%$) conviennent aux matériaux composites et les outils PCBN (CBN $> 80 \% \pm 1 \%$) conviennent aux matériaux ultra-durs.

Les tests comprennent le taux d'usure (ASTM G99, précision $\pm 0,01$ mm³/ N $\cdot$ m) , la précision ($< 0,01$ mm $\pm 0,001$ mm) et la durée de vie (ISO 3685, précision $\pm 0,01$ mm).

Par exemple, le taux d'usure de l'outil N10 (CFRP) est de 0,02 mm³/N $\cdot$ m $\pm 0,01$ mm³/ N $\cdot$ m et la durée de vie est de 10 heures ± 1 heure.

Analyse du mécanisme et des performances

Dans le traitement des matériaux composites, les outils N10 (WC $> 94\% \pm 1\%$) résistent à la déchirure des fibres (largeur de bande d'usure $< 0,05$ mm $\pm 0,01$ mm) et les revêtements DLC (coefficient de frottement $< 0,2 \pm 0,05$) réduisent l'adhérence. Dans le traitement des matériaux ultra-durs, les outils PCBN (grains CBN 0,51 μ m $\pm 0,01$ μ m) ont une excellente résistance à l'usure (taux d'usure $< 0,01$ mm³/N $\cdot$ m $\pm 0,01$ mm³/ N $\cdot$ m) . Le MEB montre qu'il n'y a pas de délaminage sur la surface d'usure N10 (écart $< 0,1\% \pm 0,02\%$), et qu'il n'y a pas de microfissure sur l'outil PCBN ($< 0,01$ mm $\pm 0,001$ mm).

Les tests de coupe montrent que la durée de vie du N10 (CFRP, 1000 m/min ± 10 m/min) est de 10 heures ± 1 heure, et la durée de vie du PCBN (PCD, 500 m/min ± 10 m/min) est de 8 heures ± 1 heure.

Analyse des facteurs d'influence

Caractéristiques de la pièce : CFRP (fraction volumique de fibres $> 50 \% \pm 2 \%$), N10 excellent ; PCD (HV $> 5000 \pm 50$), PCBN applicable.

Vitesse de coupe : 5001000 m/min ± 10 m/min, durée de vie > 8 heures ± 1 heure ; > 1500 m/min ± 10 m/min, augmentation de l'usure de $15 \% \pm 3 \%$.

Revêtement : DLC (matériau composite), TiAlN (matériau extra-dur), durée de vie augmentée de $20\% \pm 3\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Matériau de l'outil : WC (matériau composite), CBN (matériau extra-dur).

Vitesse d'avance : 0,050,2 mm/r $\pm$ 0,01 mm/r, haute précision ; >0,5 mm/r $\pm$ 0,01 mm/r, augmentation de l'usure de 10 % $\pm$ 2 %.

Par exemple, la durée de vie du N10 (CFRP, 1500 m/min $\pm$ 10 m/min) est réduite à 6 heures $\pm$ 1 heure.

La stratégie d'optimisation

visé à atteindre un taux d'usure < 0,05 mm³/N·m $\pm$ 0,01 mm³/ N·m et une précision < 0,01 mm $\pm$ 0,001 mm. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Sélection d'outils : N10 (matériau composite), PCBN (matériau extra-dur).

Optimisation du revêtement : DLC (12 μ m $\pm$ 0,1 μ m , matériau composite), TiAlN (23 μ m $\pm$ 0,1 μ m , matériau super dur).

Optimisation des conditions de travail : vitesse 5001000 m/min $\pm$ 10 m/min, vitesse d'avance 0,050,2 mm/r $\pm$ 0,01 mm/r.

Optimisation des grains : 0,51 μ m $\pm$ 0,01 μ m (N10), 0,52 μ m $\pm$ 0,01 μ m (PCBN).

Spécifications de test : ASTM G99 (taux d'usure), ISO 1832 (précision).

Par exemple, le taux d'usure du N10 (DLC, CFRP) est de 0,02 mm³/N·m $\pm$ 0,01 mm³/ N·m et la précision est <0,01 $\pm$ 0,001 mm.

11.4 Analyse des défaillances et amélioration

Les principales manifestations de défaillance d'un outil en carbure sont l'usure (cratères, usure en dépouille), l'écaillage (fissures < 0,1 mm $\pm$ 0,01 mm) et l'écaillage (perte de revêtement < 0,1 mm² $\pm$ 0,01 mm²). L'analyse des défaillances (MEB, EDS) et l'optimisation (grains, revêtements) peuvent être utilisées pour prolonger la durée de vie de l'outil (> 10 heures $\pm$ 1 heure) et réduire le taux d'usure (< 0,05 mm³/ N·m $\pm$ 0,01 mm³/ N·m) .

Cette section commence par l'usure des outils et les stratégies d'optimisation.

11.4.1 Usure de l'outil (cratère, usure en flanc)

Principes de base et aperçu technique

L'usure des outils comprend l'usure en cratère (avant face, profondeur < 0,05 mm $\pm$ 0,01 mm) et l'usure des flancs (largeur de bande d'usure < 0,1 mm $\pm$ 0,01 mm), qui est causée par l'usure abrasive (taux d'usure < 0,05 mm³/ N·m $\pm$ 0,01 mm³/ N·m) , l'usure adhésive (coefficient de frottement > 0,3 $\pm$ 0,05) et l'usure thermique (> 800 °C $\pm$ 5 °C). Les outils P10/YT15 présentent souvent une usure en cratère, tandis que les outils K20/YG8 présentent souvent une usure des flancs.

Les tests comprennent la morphologie de l'usure (MEB, résolution < 0,1 μ m $\pm$ 0,01 μ m) , le volume d'usure (profilomètre, précision $\pm$ 0,01 mm) et le changement de composition (EDS, précision $\pm$ 0,1 %). Par exemple, la profondeur du cratère d'un outil P10 (acier) est de 0,04 mm $\pm$ 0,01 mm et le taux d'usure est de 0,03 mm³/N·m $\pm$ 0,01 mm³/ N·m .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Analyse du mécanisme et des performances :

L'usure du cratère est initiée par une température élevée ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) et une contrainte de cisaillement ($> 1\,000\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$), le TiC ($10\% \pm 1\%$) et le revêtement TiAlN ($23\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) ralentissent l'usure (profondeur $< 0,05\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$). L'usure du flanc est dominée par l'action abrasive (taille des particules $< 10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$) et le WC ($> 90\% \pm 1\%$) améliore la résistance à l'usure. Le MEB montre que la surface du cratère P10 est lisse ($R_a < 0,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) et que le flanc K20 présente des rayures (largeur $< 0,01\text{ mm} \pm 0,001\text{ mm}$). L'EDS confirme le transfert de Fe dans la zone d'usure P10 ($< 0,1\% \pm 0,02\%$).

La profondeur du cratère de P10 ($1500\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$) est de $0,04\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ et la largeur de la bande d'usure du flanc de K20 ($800\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$) est de $0,08\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$.

Analyse des facteurs d'influence

Vitesse de coupe : $> 1000\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$, le cratère augmente de $15\% \pm 3\%$; $< 800\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$, l'usure des flancs est le principal problème.

Revêtement : TiAlN, profondeur du cratère diminuée de $20\% \pm 3\%$; sans revêtement, taux d'usure augmenté de $15\% \pm 3\%$.

Dureté de la pièce : $HV\ 200400 \pm 10$, usure équilibrée ; $> 600 \pm 10$, usure accrue $10\% \pm 2\%$.

Taille des grains : $0,51\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$, excellente résistance à l'usure ; $> 2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$, le taux d'usure augmente de $10\% \pm 2\%$.

Liquide de refroidissement : à base d'huile, taux d'usure réduit de $10\% \pm 2\%$; coupe à sec, usure thermique augmentée de $15\% \pm 3\%$.

Par exemple, pour P10 (non revêtu, $1500\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$), la profondeur du cratère augmente à $0,06\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$.

La stratégie d'optimisation

visé à obtenir une profondeur d'usure inférieure à $0,05\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ et un taux d'usure inférieur à $0,05\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$. Les recommandations suivantes sont recommandées :

Sélection d'outils : P10/YT15 (cresset), K20/YG8 (flanc).

Optimisation du revêtement : TiAlN ($23\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$, haute vitesse), Al_2O_3 ($35\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$, vitesse moyenne).

Optimisation des grains : $0,51\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$, VC ajouté ($0,2\% \pm 0,01\%$).

Conditions de travail optimisées : liquide de refroidissement à base d'huile, vitesse $800\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$.

Spécifications de test : ASTM G99 (taux d'usure), SEM (morphologie d'usure).

La profondeur du cratère de P10 (TiAlN, $1000\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$) est de $0,03 \pm 0,01\text{ mm}$ et le taux d'usure est de $0,02\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

11.4.2 Stratégie d'optimisation (taille des grains, épaisseur du revêtement)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

L'optimisation des défaillances d'outils réduit l'usure ($<0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) et l'écaillage (fissures $<0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) en contrôlant la taille des grains ($0,52 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), l'épaisseur du revêtement ($25 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) et la composition (Co $6\%12\% \pm 1\%$). Le frittage SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) et la technologie de revêtement PVD/CVD sont essentiels.

Les tests portent sur la dureté (ASTM E92, précision $\pm 30 \text{ HV}$), la ténacité (ISO 28079, précision $\pm 0,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) et la durée de vie de l'outil (ISO 3685, précision $\pm 0,01 \text{ mm}$). Par exemple, un outil YT15 (grain $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) TiAlN $2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) a une durée de vie de 12 heures ± 1 heure.

Français L'analyse du mécanisme montre

que les grains fins ($0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) augmentent la dureté ($\text{HV } 2000 \pm 30$) par l'effet HallPetch, et le Co ($6\%12\% \pm 1\%$) améliore la ténacité ($K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$). Le revêtement TiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) réduit le frottement (coefficient $<0,3 \pm 0,05$), et le revêtement Al_2O_3 ($35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) résiste aux hautes températures ($>1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Le MEB montre que l'outil avec des grains de $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ s'use uniformément (profondeur $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) et que le revêtement ne se décolle pas (écart $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$).

Les tests de durée de vie montrent que la durée de vie du YT15 (grain $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, TiAlN $2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) est de 12 heures ± 1 heure, ce qui est mieux que YG6 (grain $2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, 10 heures ± 1 heure).

Analyse des facteurs d'influence

Taille des grains : $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, dureté augmentée de $20 \% \pm 3 \%$; $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, ténacité augmentée de $10 \% \pm 2 \%$.

Épaisseur du revêtement : $25 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, la durée de vie augmente de $30 \% \pm 5 \%$; $> 10 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, le taux de pelage augmente de $15 \% \pm 3 \%$.

Teneur en Co : $6\%12\% \pm 1\%$, excellente résistance à l'écaillage; $<6\% \pm 1\%$, le taux d'écaillage augmente de $10\% \pm 2\%$.

Procédé de frittage : SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), porosité $<0,1\% \pm 0,01\%$; frittage conventionnel, porosité augmentée de $10\% \pm 2\%$.

Conditions de travail : coupe humide, le taux d'usure diminue de $10 \% \pm 2 \%$; coupe sèche, l'usure augmente de $15 \% \pm 3 \%$.

Par exemple, la durée de vie du YT15 (grain $2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, revêtement $10 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) est réduite à 8 heures ± 1 heure.

La stratégie d'optimisation

vise à atteindre une durée de vie $> 10 \text{ heures} \pm 1 \text{ heure}$ et un taux d'usure $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$. Recommandé :

Optimisation des grains : $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, VC ajouté ($0,2 \% \pm 0,01 \%$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Optimisation du revêtement : TiAlN ($23\ \mu\text{m}\pm 0,1\ \mu\text{m}$, haute vitesse), Al_2O_3 ($35\ \mu\text{m}\pm 0,1\ \mu\text{m}$, forte charge).

Optimisation de la composition : Co $6\%12\%\pm 1\%$, WC $>90\%\pm 1\%$.

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 : ASTM E92 (dureté), ISO 3685 (durée de vie).

Par exemple, YT15 (granulométrie $0,5\ \mu\text{m}\pm 0,01\ \mu\text{m}$, TiAlN $2\ \mu\text{m}\pm 0,1\ \mu\text{m}$) a une durée de vie de $12\ \text{heures} \pm 1\ \text{heure}$ et un taux d'usure de $0,02\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Références

Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming. Étude des paramètres géométriques et des performances de coupe des outils en carbure cémenté[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2022, 58(4) : 123132

Chen Xiaodong, Zhao Gang, Liu Wei. Préparation et optimisation des performances des outils en carbure cémenté revêtu[J]. Science et technologie des matériaux, 2023, 41(2) : 8998

Wang Li, Zhang Zhiqiang, Chen Feng. Analyse des performances des outils en carbure cémenté pour l'usinage à grande vitesse [J]. Technologie de fabrication et machines-outils, 2021, 39(6) : 6776.

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. Méthodes d'essai de la résistance à l'usure et de la durée de vie des outils en carbure cémenté[J]. Essais de matériaux, 2022, 38(5) : 145153

Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. Étude d'application des outils en carbure cémenté à l'usinage de l'acier et de la fonte[J]. Matériaux pour le génie mécanique, 2023, 39(3) : 7886

Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. Outils en carbure cémenté pour la découpe de matériaux composites et extra-durs [J]. Recherche sur les matériaux avancés, 2024, 42(1) : 5665

Wang Tao, Zhang Li, Chen Yu. Mécanismes d'usure et analyse des défaillances des outils en carbure cémenté[J]. Ingénierie des matériaux, 2022, 46(6) : 134142

Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. Stratégies d'optimisation et amélioration des performances des outils en carbure cémenté[J]. Recherche en technologie de fabrication, 2023, 35(4) : 101109

J, Brown T, Johnson R. Usinage à grande vitesse avec outils en carbure cémenté revêtus[J]. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2021, 143(5) : 345354.

Tanaka H, Yamada K.

Analyse de l'usure des outils en carbure cémenté pour l'usinage des alliages de titane[J]. Journal of the Japan Society for Precision Engineering, 2023, 89(3) : 156163.

Kim S, Park J, Lee H. Performances de coupe des outils en carbure cémenté pour matériaux composites[J]. Revue coréenne de recherche sur les matériaux, 2022, 32(4)

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

: 234242 .

ISO 1832:2017. Plaquettes amovibles pour outils coupants — Désignation[S]. Pékin : China Standards Press, 2017.

ISO 1832:2017. Plaquettes amovibles pour outils coupants — Désignation[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.

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

ASTM G9917. Méthode d'essai normalisée pour l'essai d'usure avec un appareil Pin-Disk [S]. Pékin : China Standards Press, 2017.

ASTM G9917. Méthode d'essai d'usure Pin-Disk[S]. Pékin : China Standards Press, 2017.

ISO 3685:1993. Essais de durée de vie d'outils avec des outils de tournage monopointe [S]. Pékin : China Standards Press, 1993.

ISO 3685:1993. Essais de durée de vie d'outils avec des outils de tournage monopointe [S]. Pékin : China Standards Press, 1993.

ISO 28079:2009. Métaux durs — Essai de ténacité Palmqvist[S]. Pékin : China Standards Press, 2009.

ISO 28079:2009. Métaux durs — Essai de ténacité Palmqvist[S]. Pékin : China Standards Press, 2009.

ASTM 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.

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:

Brève introduction au procédé de revêtement des outils en carbure

Les outils de coupe en carbure déposent des couches minces à la surface du substrat grâce à des procédés de revêtement (tels que le PVD et le CVD), ce qui améliore considérablement la résistance à l'usure, la résistance aux hautes températures et la durée de vie. Ils sont largement utilisés dans l'usinage mécanique, l'aérospatiale, l'automobile et d'autres secteurs. Cet article détaille le procédé de revêtement des outils de coupe en carbure, incluant les principes du procédé, les principales étapes, les matériaux de revêtement courants, la comparaison des procédés et les tendances de développement, fournissant ainsi une référence technique pour la fabrication d'outils.

1. Aperçu du processus de revêtement

Les revêtements d'outils en carbure sont principalement obtenus par dépôt physique en phase vapeur (PVD) et dépôt chimique en phase vapeur (CVD), parfois combinés à d'autres technologies (comme le CVD assisté par plasma). Le revêtement formé un film de 120 μm sur le substrat en carbure cémenté (principalement du carbure de tungstène WC et du cobalt Co) afin d'améliorer les performances de l'outil. Les principes de ces deux principaux procédés sont les suivants :

Technologie	principe	Conditions typiques
PVD	Le matériau cible est vaporisé par des méthodes physiques (telles que l'évaporation et la pulvérisation cathodique) et déposé sur la surface du substrat dans un environnement sous vide.	Température 150500°C, vide 10^2 à 10^4 Pa.
maladies cardiovasculaires	Le précurseur de gaz est décomposé à haute température par réaction chimique pour déposer le revêtement sur la surface du substrat.	Température 6001100°C, basse pression ou pression normale.

2. Étapes du processus de revêtement des outils en carbure

Le procédé de revêtement comprend plusieurs étapes clés pour garantir un revêtement uniforme, une forte adhérence et d'excellentes performances. Voici un exemple typique de procédé de revêtement PVD et CVD :

2.1 Prétraitement

But

Nettoyez la surface du substrat pour éliminer l'huile, les oxydes et les particules afin d'assurer l'adhérence du revêtement.

étape

Nettoyage par ultrasons : utilisez des solvants organiques (tels que l'éthanol, l'acétone) pour nettoyer l'outil pendant 5 à 15 minutes.

Nettoyage acide ou alcalin : Éliminer la couche d'oxyde superficielle (par exemple en traitant avec

de l'acide chlorhydrique dilué).

Séchage : Séchage sous vide ou à l'air chaud pour garantir l'absence d'humidité sur la surface.

Nettoyage plasma (spécifique PVD) : bombardement avec du plasma d'argon dans une chambre à vide pour éliminer les impuretés microscopiques.

2.2 Prétraitement de la matrice

But

Optimiser l'état de surface du substrat et améliorer l'adhérence du revêtement.

étape

des bords : utilisez une meule diamantée ou un affûtage laser pour ajuster le rayon du bord (0,005 à 0,1 mm) et améliorer la stabilité du bord.

Polissage de surface : atteindre une rugosité de surface Ra 0,05 à 0,2 μm pour réduire les défauts de revêtement.

Gravure ionique (spécifique au PVD) : bombarder le substrat avec des ions à haute énergie pour activer la surface et améliorer l'adhérence (l'adhérence peut atteindre 3070 N).

2.3 Dépôt de revêtement

Dépôt PVD :

équipement

Chambre à vide avec matériau cible (par exemple Ti, Al, Cr) et source d'alimentation (pulvérisation magnétron ou décharge en arc).

processus

Évacuer à 10^{-2} à 10^{-4} Pa et chauffer à 150-500°C.

L'argon (Ar) est introduit pour générer du plasma et pulvériser le matériau cible (tel que l'alliage TiAl).

Des gaz de réaction (tels que N₂, CH₄) sont introduits pour former TiN, TiAlN, DLC et autres revêtements.

Le temps de dépôt était de 14 h et l'épaisseur du revêtement était de 15 μm .

Caractéristiques : procédé à basse température, performances du substrat inchangées, revêtement uniforme, tranchant tranchant.

Dépôt CVD :

équipement

Réacteur, équipé de précurseurs gazeux (tels que TiCl₄, CH₄, AlCl₃).

processus

Chauffage à 600-1100°C, environnement basse pression ou pression normale.

Le gaz précurseur (tel que TiCl₄+H₂+N₂→TiN) est introduit, réagit et se dépose sur la surface du substrat.

Le temps de dépôt était de 28 heures et l'épaisseur du revêtement était de 520 μm .

Des revêtements multicouches (tels que TiN / Al₂O₃ / TiC) peuvent être déposés.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Caractéristiques : Procédé à haute température, revêtement épais, forte adhérence (50100 N), mais peut réduire la ténacité du substrat.

2.4 Post-traitement

But

Optimisez la qualité de la surface du revêtement, éliminez les contraintes et améliorez les performances.

étape

Polissage : Utiliser de la pâte diamantée ou un polissage laser pour réduire la rugosité de surface à Ra 0,050,2 µm (PVD) ou Ra 0,10,4 µm (CVD).

Recuit (spécifique CVD) : recuit à 300-500°C pour soulager les contraintes thermiques et éviter la fissuration du revêtement.

Contrôle qualité : test de rayure (adhérence), contrôle microscopique (homogénéité), test de dureté (HV 18003500).

3. Matériaux de revêtement courants

Matériaux de revêtement	Technologie	Dureté (HV)	Résistance à la température (°C)	Coefficient de frottement	Applications typiques
Étain	PVD/CVD	20002300	600800	0,40,6	Acier, traitement de l'acier inoxydable , découpe générale.
TiAlN	PVD	28003300	800900	0,30,5	Découpe à sec à grande vitesse d'alliage de titane et d'acier inoxydable.
Al2O3	maladies cardiovasculaires	18002000	10001100	0,30,5	Coupe robuste, fonte, acier trempé.
DLC	PVD	20003000	400600	0,080,15	Alliage d'aluminium, matériaux composites, traitement fin.
TiCN	PVD/CVD	25003000	600800	0,30,4	Acier à matrice, coupe intermittente.
AlCrN	PVD	30003500	9001100	0,30,5	Traitement des alliages à haute température et des matériaux durs.

4. Comparaison des procédés de revêtement PVD et CVD

caractéristiques	revêtement PVD	revêtement CVD
température	150500°C, basse température, les propriétés de la matrice restent inchangées.	6001100°C, température élevée, peut réduire la ténacité de la matrice.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Épaisseur du revêtement	15 μ m , fin et tranchant, adapté au traitement fin.	520 μ m , épais et durable, adapté au traitement grossier.
Adhésion	3070 N, adapté aux conditions de charge faible à moyenne.	50100 N, adapté aux conditions d'impact élevé et de charge lourde.
Qualité de surface	Ra 0,050,2 μ m , tranchant tranchant, excellente finition.	Ra 0,10,4 μ m , tranchant légèrement émoussé, excellente ébauche.
Scénario d'application	Découpe à sec à grande vitesse (alliage de titane aéronautique, composants électroniques), la durée de vie est prolongée de 25 fois.	Coupe humide robuste (fonte, acier trempé), durée de vie 37 fois plus longue.
Revêtement typique	TiAlN , DLC, AlCrN , adaptés à l'acier inoxydable et aux alliages d'aluminium.	TiC , Al2O3, TiN /Al2O3, adapté à la fonte et à l'acier.

5. Tendance de développement des revêtements PVD et CVD

s'orienter	revêtement PVD	revêtement CVD
Innovation technologique	Revêtement nano multicouche (type TiAlN / AlCrN) , dureté HV 4000, durée de vie augmentée de 30 %. Dépôt PVD basse température (< 100 °C), adapté aux substrats PCD/CBN. Revêtement autolubrifiant (type DLC/ graphène) , coefficient de frottement réduit à 0,05.	Le dépôt CVD à basse température (400-600 °C) réduit les dommages au substrat. Composite multicouche de l'ordre du micron (TiN / Al2O3 / TiC) , résistant à une température de 1200 °C. Dépôt CVD respectueux de l'environnement, précurseurs non toxiques, réduisant la pollution.
Extensions d'application	Super finition, découpe à sec, micro outils (tels que l'électronique, le médical).	Découpe à forte charge, traitement à haute température, grands moules (tels que les automobiles et l'aviation).
Intelligent	L'IA optimise l'épaisseur du revêtement (erreur < 0,1 μ m) et les paramètres de dépôt, augmentant l'efficacité de 15 %.	La surveillance en temps réel des réactions de dépôt améliore l'uniformité du revêtement de 20 %.

6. Conclusion

Le procédé de revêtement des outils en carbure cémenté améliore considérablement les performances grâce aux technologies PVD et CVD. Le PVD est adapté à la finition à sec à grande vitesse (alliages de titane et d'aluminium, par exemple) à basse température (150-500 °C) , avec un revêtement fin (15 μ m) et une arête de coupe vive (Ra 0,05-0,2 μ m) ; le CVD est adapté à l'ébauche sous forte charge (fonte et acier trempé, par exemple) à haute température (600-1 100 °C), avec un revêtement épais (520 μ m) et une forte adhérence (50-100 N). Le procédé comprend le prétraitement, le prétraitement du substrat, le dépôt du revêtement et le post-traitement. Des matériaux de revêtement courants tels que TiN , Les alliages TiAlN , Al2O3 et DLC, entre autres, répondent à diverses conditions de travail. À l'avenir, les revêtements nano-multicouches, les procédés basse température et les technologies intelligentes amélioreront encore l'efficacité, la durée de vie et la protection environnementale des outils revêtus, et offriront un support fiable pour l'usinage de haute précision et à forte charge.


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.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

appendice:

Comparaison des technologies d'outils revêtus PVD et CVD

Les outils revêtus déposent des couches minces sur des substrats en carbure cémenté ou en matériaux extra-durs par dépôt physique en phase vapeur (PVD) ou chimique en phase vapeur (CVD), ce qui améliore considérablement la résistance à l'usure, la résistance aux hautes températures et la durée de vie de l'outil. Ils sont largement utilisés dans l'usinage mécanique, l'aérospatiale, l'automobile, le moulage et d'autres secteurs. Cet article compare systématiquement les outils revêtus PVD et CVD sous l'angle des principes de la technologie de revêtement, des caractéristiques de performance, de l'influence des paramètres géométriques, des scénarios d'application, des avantages et des inconvénients, ainsi que des tendances de développement, et fournit une référence pour le choix des outils.

1. Principes et caractéristiques de la technologie des revêtements

catégorie	Outils revêtus de PVD	Outils revêtus CVD
Nom et prénom	dépôt physique en phase vapeur	Dépôt chimique en phase vapeur
principe	Le matériau cible est vaporisé par des méthodes physiques (telles que l'évaporation et la pulvérisation cathodique) pour déposer un film mince sur la surface du substrat.	Le précurseur de gaz est décomposé à haute température par réaction chimique et le revêtement est déposé sur la surface du substrat.
Conditions du processus	Température : 150 500 ° C. Environnement sous vide : 10 ⁻² à 10 ⁻⁴ Pa. Procédés typiques : pulvérisation cathodique magnétron, décharge en arc.	Température : 600 à 1100 ° C. Atmosphère : basse pression ou pression normale. Procédés courants : dépôt chimique en phase vapeur (CVD) thermique, dépôt chimique en phase vapeur (CVD) assisté par plasma.
Matériaux de revêtement	TiN , TiAlN , CrN , DLC (carbone de type diamant), AlCrN , TiCN , etc.	TiC , TiN , Al2O3 , TiCN , revêtements composites multicouches (tels que TiN /Al2O3/ TiC).
Épaisseur du revêtement	15 μ m , fin et uniforme, adapté au traitement de précision.	520 μ m , revêtement épais, adapté à la découpe intensive.

2. Caractéristiques de performance

performance	Outils revêtus de PVD	Outils revêtus CVD
dureté	HV 20003500 (TiAlN atteint HV 3300), la résistance à l'usure est 25 fois meilleure que celle du substrat.	HV 18002500 (Al2O3 est environ HV 2000), la résistance à l'usure est 37 fois meilleure que celle du substrat.
friction coefficient	0,080,3 (DLC minimum 0,080,15), réduit l'adhérence des copeaux.	0,20,5, légèrement supérieur au PVD, adapté à la découpe à forte charge.
Résistance à la température	600900°C (TiAlN peut atteindre 900°C), adapté à la découpe à sec à grande vitesse.	8001100°C (Al2O3 peut atteindre 1100°C), adapté à la découpe à haute température et à forte charge.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Adhésion	Moyen (3070 N, test de rayure), adapté aux conditions de faible contrainte.	Haute (50100 N), adaptée aux conditions de chocs élevés et de charges lourdes.
surface qualité	Rugosité de surface Ra 0,050,2 μ m , tranchant tranchant, adapté à la finition.	La rugosité de surface est Ra 0,10,4 μ m , le revêtement est plus épais, adapté à l'usinage grossier.
Matrice Influence	Procédé à basse température, les propriétés du substrat restent inchangées, adapté aux substrats en carbure cémenté, CBN, PCD.	Le processus à haute température peut entraîner une diminution de la ténacité de la matrice et convient aux substrats en carbure cimenté.

3. Influence des paramètres géométriques

Le revêtement a un impact significatif sur les performances des paramètres géométriques de l'outil (tels que l'angle de coupe, l'angle arrière et le rayon de l'arête de coupe) et doit être optimisé en fonction des caractéristiques du processus.

Paramètres géométriques	Outils revêtus PVD	Outils revêtus CVD
Angle avant	5°20°, le revêtement mince maintient le tranchant tranchant, l'angle de coupe positif (10°20°) convient aux matériaux tendres (tels que l'alliage d'aluminium).	0°15 °, un revêtement épais émousse légèrement le tranchant, un petit angle de coupe (0°10°) convient aux matériaux durs (comme l'acier trempé).
Angle arrière	5°15°, le revêtement à faible frottement (tel que DLC) prend en charge un grand angle de relief (10°15°), réduisant ainsi la chaleur de frottement.	5°12°, un angle arrière plus petit (5°8°) améliore la résistance des bords et convient à la coupe sous forte charge.
Rayon du bord de coupe	0,0050,05 mm, le revêtement mince convient à la super finition (0,0050,01 mm).	0,020,1 mm, le revêtement épais convient à l'usinage grossier (0,050,1 mm).
Angle d'hélice	30°45°, adapté au traitement à grande vitesse, bonne uniformité du revêtement.	25°40°, les revêtements épais nécessitent un tranchant optimisé pour maintenir l'évacuation des copeaux.
Rayon du nez de l'outil	0,10,8 mm, petit rayon de finition (0,10,2 mm), excellente qualité de surface.	0,21,2 mm, grand rayon pour l'ébauche (0,81,2 mm), forte durabilité.
Inclinaison du tranchant	5° à 5°, le revêtement mince supporte une inclinaison positive (3°5°), adapté aux pièces à parois minces.	0°3°, les revêtements épais préfèrent de petits angles d'inclinaison pour protéger le tranchant.

4. Scénarios d'application

catégorie	Outils revêtus PVD	Outils revêtus CVD
Applications typiques	Fraises et forets : usinage à grande vitesse de l'acier inoxydable, des alliages de titane et d'aluminium. Micro-outils : finition de composants électroniques et de dispositifs médicaux. Revêtement d'outils PCD/CBN : usinage des matériaux composites et de l'acier trempé.	Outils de tournage et fraises : coupe intensive de la fonte, de l'acier et de l'acier trempé. Usinage de moules : usinage grossier de moules d'emboutissage et d'emboutissage . Outillage lourd : usinage de vilebrequins et d'engrenages automobiles.
Avantages de l'application	Le tranchant est tranchant, avec une rugosité de surface de Ra 0,05 à 0,2 μ m , adapté à la finition.	Revêtement épais, résistant aux températures élevées et aux chocs, adapté à la découpe sous forte charge.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	Le procédé à basse température assure des performances de matrice stables. Le faible frottement permet une coupe à sec et une augmentation de l'efficacité de 20 à 30 %.	Forte adhérence, durée de vie 37 fois supérieure à celle du substrat. Adapté à la découpe humide, efficacité accrue de 1 525 %.
Cas d'application	Fraisage d'alliage de titane aéronautique : revêtement TiAlN , durée de vie prolongée de 3 fois, qualité de surface Ra 0,1 μ m . Traitement des puces électroniques : le revêtement DLC augmente la durée de vie de l'outil de 4 fois.	Usinage de fonte automobile : revêtement Al2O3/ TiC , durée de vie multipliée par 5, vitesse de coupe augmentée de 20 %. Usinage d'acier trempé : revêtement TiN /Al2O3, résistant à une température de 1 100 °C.

5. Comparaison des avantages et des inconvénients

catégorie	Outils revêtus PVD	Outils revêtus CVD
avantage	Revêtement fin, tranchant tranchant, idéal pour la super finition. Procédé basse température, adapté à une grande variété de substrats (carbure, CBN, PCD). Faible coefficient de frottement (DLC 0,08-0,15), réduisant l'adhérence, idéal pour la découpe à sec à grande vitesse.	Revêtement épais, résistant aux hautes températures et aux chocs, adapté à l'usinage d'ébauche sous fortes charges. Adhérence élevée (50 à 100 N) et excellente résistance au pelage. Les revêtements composites multicouches (comme TiN /Al2O3) offrent une excellente résistance à la température (1100 °C).
défait	Le revêtement est plus fin (15 μ m) et sa résistance à l'usure est légèrement inférieure à celle du CVD, ce qui le rend adapté aux conditions de charge faible à moyenne. L'adhérence est faible (3 070 N) et peut se décoller sous un impact important.	L'usinage à haute température (600-1100 °C) peut réduire la ténacité de la matrice. Le revêtement est plus épais et l'arête de coupe est légèrement émoussée, ce qui ne convient pas à la super finition. La rugosité de surface est relativement élevée (Ra 0,10,4 μ m).

6. Tendances de développement

catégorie	Outils revêtus PVD	Outils revêtus CVD
Tendances technologiques	Revêtement nano multicouche : TiAlN / AlCrN alternés, dureté HV 4000, durée de vie augmentée de 30 %. Procédé PVD basse température : température réduite à 100 °C, adapté à un plus grand nombre de substrats. Revêtement autolubrifiant : composite DLC/graphène, coefficient de frottement réduit à 0,05.	Composite multicouche micron : épaisseur optimisée TiN /Al2O3/ TiC , résistance à la température jusqu'à 1 200 °C, durée de vie prolongée de 20 %. Dépôt CVD basse température : température réduite à 400-600 °C, réduisant les dommages au substrat. Dépôt CVD écologique : précurseur non toxique, réduisant la pollution.
Orientation du marché	Les domaines d'usinage à grande vitesse, à sec et de précision (tels que l'aviation et l'électronique) stimulent le développement de revêtements à faible frottement et ultra-minces.	Les domaines de traitement à forte charge, humides et bruts (tels que les automobiles et les moules) se concentrent sur les revêtements épais et l'optimisation des performances à haute température.

7. Conclusion

Les outils revêtus PVD et CVD améliorent considérablement les performances des outils en carbure cémenté ou en matériaux extra-durs grâce à différentes technologies de dépôt. Les revêtements PVD conviennent à la finition à sec à grande vitesse (comme les alliages de titane aéronautiques et les

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

composants électroniques) avec des revêtements fins et tranchants ($15\text{ }\mu\text{m}$), de faibles coefficients de frottement (0,08-0,3) et des procédés à basse température ; les revêtements CVD conviennent à l'ébauche intensive (comme la fonte automobile et l'acier trempé) avec des revêtements épais ($520\text{ }\mu\text{m}$), une forte adhérence (50-100 N) et une excellente résistance à la température ($1\text{ }100\text{ }^{\circ}\text{C}$). En termes de paramètres géométriques, le PVD permet des arêtes de coupe plus tranchantes (rayon de 0,005 à 0,05 mm), tandis que le CVD est adapté aux arêtes de coupe plus durables (rayon de 0,02 à 0,1 mm). À l'avenir, les revêtements nano-multicouches, les procédés à basse température et les technologies respectueuses de l'environnement favoriseront des percées en matière d'efficacité, de durée de vie et de fabrication verte pour les deux, en fournissant des solutions diversifiées pour un traitement de haute précision et à forte charge.

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 du carbure cimenté et des matériaux ultra-durs

Grâce à leur dureté élevée, leur résistance à l'usure et à haute température, les carbures cimentés et les matériaux extra-durs trouvent des applications importantes dans la fabrication industrielle, la découpe, l'exploitation minière et l'usinage de précision. Cet article compare systématiquement les carbures cimentés et les matériaux extra-durs sous l'angle de leur définition et de leur composition, de leurs caractéristiques de performance, de leurs paramètres géométriques, de leurs applications et de leurs avantages et inconvénients, fournissant ainsi une référence pour le choix des matériaux.

1. Définition et composition des carbures cimentés et des matériaux extra-durs

catégorie	carbure cimenté	Matériaux extra-durs
définition	Matériau composite avec du carbure (tel que le carbure de tungstène) comme phase dure et du métal (tel que le cobalt, le nickel) comme phase de liaison, préparé par métallurgie des poudres.	Matériaux extrêmement durs, principalement le diamant (naturel ou synthétique) et le nitrure de bore cubique (CBN), utilisés sous forme monocristalline ou polycristalline.
Élément	Phase dure : carbure de tungstène (WC, 8595 % en poids), peut contenir du carbure de titane (TiC), du carbure de tantale (TaC). Phase liante : cobalt (Co, 512 % en poids) ou nickel (Ni, 510 % en poids). Additifs : chrome (Cr), vanadium (V), molybdène (Mo).	Diamant : Structure en réseau covalent d'atomes de carbone, monocristallin ou polycristallin (tel que PCD). CBN : Structure diamantée d'atomes d'azote de bore, monocristallin ou polycristallin (tel que PCBN). Matrice : Matrice de cobalt, de nickel, de céramique ou de carbure cimenté.
préparation	Métallurgie des poudres (mélange, pressage, frittage), pressage isostatique à chaud (HIP) pour améliorer la densité.	Procédés haute pression et haute température (HPHT), dépôt chimique en phase vapeur (CVD) ou frittage.

2. Caractéristiques de performance des carbures cimentés et des matériaux extra-durs

performance	carbure cimenté	Matériaux extra-durs
dureté	HRA 8892 (HV 14001800), supérieur à l'acier ordinaire (HRC 2040).	Diamant : HV 800010000 ; CBN : HV 40005000
dureté	La ténacité à la rupture est de 6,09,0 MPa·m ^{1/2} et il présente une forte résistance à la croissance des fissures.	Ténacité à la rupture 4,07,0 MPa·m ^{1/2} (PCD est plus faible, PCBN est légèrement plus élevé), relativement fragile.
Résistance à l'usure	Taux d'usure : 0,0080,015 mm ³ / N·m (ASTM G65), la durée de vie est 515 fois supérieure à celle des matériaux ordinaires.	Le taux d'usure est de 0,0010,005 mm ³ / N· m , soit 210 fois celui du carbure cimenté.
Résistance à la température	Plage de température de fonctionnement de 20°C à 800°C, les formulations de revêtement (telles que TiAlN) peuvent résister à 1000°C.	Diamant : la température d'oxydation est d'environ 700°C ; CBN : résistant à 12001400°C, adapté à la découpe à haute température.
Résistance à la corrosion	Formule neutre ou faiblement acide (pH 49) taux de corrosion < 0,05 mm/an, à base de nickel résistante à pH	Diamant : résistant jusqu'à pH 114 ; CBN : légèrement moins résistant aux acides mais meilleur que le carbure cimenté.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	210.	
densité	14,015,0 g/cm^3, plus lourd, adapté aux applications à haute rigidité.	Diamant : 3,5 g/cm^3 ; CBN : 3,4-3,5 g/cm^3, léger, adapté à l'usinage à grande vitesse.

3. Paramètres géométriques du carbure cimenté et des matériaux extra-durs (en prenant comme exemple les outils de coupe)

Les paramètres géométriques du carbure cimenté et des matériaux ultra-durs sont cruciaux dans la conception des outils et doivent être optimisés en fonction des matériaux de traitement et des conditions de travail.

Paramètres géométriques	Outils en carbure	Outils en matériaux extra-durs (PCD/PCBN)
Angle avant	0°20° (15°20° pour les matériaux tendres, 0°5° ou angle de coupe négatif pour les matériaux durs).	PCD : 5°10° (métal non ferreux) ; PCBN : 5° à 0° (acier dur).
Angle arrière	5°15 °(10°15° pour la finition, 5°8° pour l'ébauche).	5°10°, un angle arrière plus petit améliore la résistance du tranchant.
Rayon du bord de coupe	0,010,1 mm (0,010,03 mm pour la finition, 0,050,1 mm pour l'ébauche).	0,0050,05 mm (super finition 0,0050,01 mm).
Angle d'hélice	30°45° (usinage à grande vitesse 40°45°).	25°35°, priorité donnée à la rigidité de l'outil.
Rayon du nez de l'outil	0,21,2 mm (0,20,4 mm pour la finition, 0,81,2 mm pour l'ébauche).	0,10,8 mm (0,10,2 mm pour la finition).
Inclinaison du tranchant	5° à 5° (3° à 5° pour les pièces à parois minces).	0°3°, petit angle d'inclinaison pour protéger le tranchant.

4. Scénarios d'application du carbure cimenté et des matériaux extra-durs

catégorie	carbure cimenté	Matériaux extra-durs
Applications typiques	Outils : fraises, outils de tournage, forets (usinage de l'acier, de l'inox et de la fonte). Matrices : matrices d'emboutissage, matrices d'emboutissage (pièces automobiles). Denture à bille : dents de pic, dents de creusement (mines, tunnels). Buses : sablage, pulvérisation.	Outils PCD : alliages d'aluminium, matériaux composites, transformation du bois. Outils PCBN : acier trempé, transformation de la fonte. Meules diamantées : céramique, rectification de plaquettes de silicium. Forets : exploration géologique, exploitation minière sous-marine.
Avantages de l'application	Haute ténacité, résistance aux chocs, coût modéré, adapté au traitement général et aux conditions d'impact.	Dureté extrêmement élevée, super finition, excellente qualité de surface (Ra 0,050,2 μ m) , longue durée de vie.
Cas d'application	Tournage de vilebrequins automobiles : durée de vie de 300 à 1 500 heures, rendement accru de 20 %. Pioche pour mines de charbon : durée de vie de 500 à 2 000 heures.	Fraisage de matériaux composites aéronautiques : rugosité de surface Ra 0,1 μ m . Usinage d'engrenages en acier trempé : durée de vie prolongée de 510 fois.

5. Comparaison des avantages et des inconvénients entre le carbure cimenté et les matériaux extra-durs

catégorie	carbure cimenté	Matériaux extra-durs

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

avantage	Haute ténacité (résistance à la rupture : 6,0 - 9,0 MPa·m ²), forte résistance aux chocs. Coût modéré, adapté à la production en série. Un revêtement (TiN , DLC, etc.) améliore la résistance à l'usure et à la température.	Dureté extrêmement élevée (HV 4000-10000), idéale pour l'usinage de matériaux extra-durs. Excellente résistance à l'usure, durée de vie 210 fois supérieure à celle du carbure cimenté. Le CBN résiste aux températures élevées (1 200-1 400 °C) et convient à la coupe à sec.
défaut	Sa dureté est inférieure à celle des matériaux extra-durs et ne convient pas à leur transformation. La phase de liaison se ramollit à haute température et sa résistance à la chaleur est limitée (800-1 000 °C).	Faible ténacité, rupture facile, nécessite des machines-outils très rigides. Coût élevé (520 fois supérieur à celui du carbure cimenté). Le diamant ne convient pas à l'usinage des matériaux à base de fer (carburation facile).

6. Tendance de développement du carbure cimenté et des matériaux extra-durs

catégorie	carbure cimenté	Matériaux extra-durs
Tendances technologiques	Technologie nanocristalline : granulométrie 0,10,2 μm , dureté HRA 9294, ténacité augmentée de 20 %. Carbure cimenté sans cobalt : respectueux de l'environnement, réduction des coûts de 10 à 15 %. Paramètres géométriques optimisés par l'IA : erreur < 5 %, efficacité augmentée de 15 %.	Matériaux composites : PCD/PCBN et composite céramique, ténacité augmentée de 40 %. Revêtement nano CVD : épaisseur 0,52 μm , coût réduit de 20 %. Impression 3D : précision géométrique complexe ± 0,001 mm, cycle raccourci de 30 %.
Orientation du marché	Avec la domination continue des conditions générales de transformation et d'impact du travail (comme l'exploitation minière et les moules), la fabrication verte favorise la recherche et le développement de phases de liaison non toxiques.	L'usinage de très haute précision et le traitement de matériaux à haute dureté (tels que l'aviation et l'électronique) ainsi que l'optimisation des coûts élargiront le champ d'application.

Le carbure cimenté et les matériaux extra-durs sont très complémentaires dans les applications industrielles. Le carbure cimenté convient à la coupe générale, à la fabrication de moules et aux conditions d'impact grâce à sa ténacité élevée et à son excellent rapport qualité-prix ; les matériaux extra-durs sont adaptés à l'ultra-finition et à la coupe de matériaux de haute dureté grâce à leur dureté et leur résistance à l'usure extrêmement élevées. En termes de paramètres géométriques, les outils en carbure cimenté (angle de coupe de 0° à 20°, par exemple) privilégient l'équilibre entre ténacité et efficacité, tandis que les outils en matériaux extra-durs (rayon d' arête de coupe de 0,005 à 0,05 mm, par exemple) privilégient la précision et la durabilité. À l'avenir, les nanotechnologies, les matériaux composites et la conception intelligente favoriseront des avancées majeures en termes d'efficacité, de durée de vie et de performances environnementales, contribuant ainsi à une fabrication de haute précision et à haut rendement.

appendice:

Paramètres géométriques et optimisation des outils en carbure cimenté

Les outils de coupe en carbure sont largement utilisés dans l'usinage, l'aéronautique, l'automobile, le moulage et d'autres domaines en raison de leur dureté élevée, de leur résistance à l'usure et aux températures élevées. Les paramètres géométriques des outils de coupe influencent directement les performances de coupe, l'état de surface et la durée de vie. Cet article présente en détail les principaux paramètres géométriques des outils de coupe en carbure et leurs stratégies d'optimisation pour améliorer l'efficacité d'usinage et la durabilité des outils.

1. Principaux paramètres géométriques des outils en carbure cimenté

Les paramètres géométriques des outils en carbure cimenté comprennent les éléments clés suivants, chacun devant être conçu avec précision en fonction du matériau de traitement, des conditions de coupe et des scénarios d'application.

Angle de coupe

Définition : L'angle entre la face de coupe et la surface de base de l'outil, qui affecte la force de coupe et le flux de copeaux.

Plage typique : 0° à 20° (angle de coupe positif pour les matériaux tendres, angle de coupe négatif pour les matériaux durs).

Fonction : L'angle de coupe positif réduit la force de coupe et convient aux matériaux tendres tels que l'alliage d'aluminium et le cuivre ; l'angle de coupe négatif améliore la résistance de l'outil et convient aux matériaux durs tels que l'acier et l'acier inoxydable.

Angle de dégagement

Définition : L'angle entre la face arrière et le plan de coupe, qui réduit le frottement entre l'outil et la pièce.

Plage typique : 5° à 15° .

Fonction : Un angle arrière approprié réduit la chaleur de friction et améliore la finition de surface ; un angle arrière trop grand peut affaiblir la résistance de la lame.

Rayon du bord de coupe

Définition : Le rayon de l'arc du tranchant affecte la résistance et la qualité de surface de l'outil.

Plage typique : 0,01-0,1 mm (petit rayon pour l'usinage de précision, grand rayon pour l'usinage grossier).

Fonction : Le petit rayon améliore la netteté de la coupe et convient à la finition ; le grand rayon améliore la capacité de l'outil à résister à l'écaillage et convient à la coupe sous forte charge.

Angle d'hélice

Définition : L'angle d'inclinaison hélicoïdale du tranchant d'une fraise ou d'un foret le long de l'axe, qui affecte l'évacuation des copeaux.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Plage typique : 30° à 45° (grands angles d'hélice pour usinage à grande vitesse).

Fonction : Le grand angle d'hélice améliore l'évacuation des copeaux et convient à l'acier inoxydable et aux alliages de titane ; le petit angle d'hélice augmente la rigidité de l'outil et convient au traitement du carbure cimenté.

Rayon du nez

Définition : Le rayon de la pointe d'une fraise ou d'une fraise, qui affecte l'état de surface et la durée de vie de l'outil.

Plage typique : 0,2-1,2 mm (petit rayon pour la finition, grand rayon pour l'ébauche).

Fonction : Un petit rayon améliore la finition de surface ; un grand rayon améliore la durabilité de l'outil et convient à la coupe à grande avance.

Angle d'inclinaison du tranchant

Définition : L'angle d'inclinaison entre le tranchant et la surface de la pièce affecte la direction du flux de copeaux et la direction de la force de coupe.

Plage typique : 5° à 5°.

Fonction : L'inclinaison positive guide les copeaux loin de la pièce et convient au traitement des pièces à parois minces ; l'inclinaison négative améliore la stabilité de la lame et convient aux matériaux durs.

2. Stratégie d'optimisation des paramètres de géométrie des outils en carbure

L'optimisation des paramètres géométriques nécessite une prise en compte complète des matériaux à usiner, de la vitesse de coupe, de l'avance et des performances de la machine-outil afin d'obtenir une coupe efficace, une excellente qualité de surface et une longue durée de vie. Voici les principales stratégies d'optimisation :

Optimiser les angles de coupe et de dégagement en fonction du matériau traité

Matériaux tendres (tels que les alliages d'aluminium)

Adoptez un grand angle de coupe positif (15°20°) et un grand angle de dégagement (10°15°) pour réduire la force de coupe, améliorer le flux de copeaux et réduire les bords accumulés .

Matériaux durs (tels que l'acier trempé)

Utilisez un petit angle de coupe (0°5° ou angle de coupe négatif) et un petit angle de dépouille (5°8°) pour améliorer la résistance de la lame et éviter l'écaillage des bords.

Cas d'optimisation

Lors de l'usinage d'un alliage de titane, un angle de coupe de 8°12° combiné à un angle arrière de 10° peut équilibrer la force de coupe et la durée de vie de l'outil, augmentant l'efficacité de 15 à 20 %.

Ajustez le rayon du bord pour équilibrer la netteté et la force finition

Le rayon du tranchant est de 0,01 à 0,03 mm, garantissant une rugosité de surface Ra 0,1 à 0,4 μ m ,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ce qui convient au traitement des pièces aéronautiques.

ébauche

Le rayon du tranchant est de 0,050,1 mm, ce qui améliore la résistance aux chocs et convient au traitement des moules à usage intensif.

Cas d'optimisation

Dans le traitement des composants électroniques, un rayon de coupe de 0,02 mm peut améliorer la qualité de surface de 30 % et prolonger la durée de vie de l'outil de 10 %.

Angle d'hélice optimisé pour une meilleure évacuation des copeaux

Usinage à grande vitesse

L'angle d'hélice est de 40°45°, ce qui réduit l'accumulation de copeaux et convient à l'acier inoxydable et aux alliages à base de nickel.

Traitement à haute rigidité

L'angle d'hélice est de 25°30°, ce qui augmente la résistance de l'outil et convient aux matériaux en carbure cémenté ou en céramique.

Cas d'optimisation

Lors du fraisage d'un alliage de titane, un angle d'hélice de 42° peut réduire l'adhérence des copeaux et augmenter l'efficacité de l'usinage de 25 %.

Choisissez le bon rayon de nez d'outil

finition

Le rayon de l'arc est de 0,2 à 0,4 mm, ce qui réduit la rugosité de la surface et convient à la surface de polissage du moule.

ébauche

Le rayon de l'arc est de 0,8 à 1,2 mm, ce qui améliore la durabilité de l'outil et convient au traitement des vilebrequins automobiles.

Cas d'optimisation

Lors du tournage de l'acier inoxydable, un rayon d'arc de 0,4 mm peut réduire la rugosité de la surface de 20 % et prolonger la durée de vie de l'outil de 15 %.

Optimiser l'inclinaison du tranchant en fonction des conditions de coupe

Traitement de pièces à parois minces

L'angle d'inclinaison positif de 3° à 5° éloigne les copeaux de la pièce, réduisant ainsi les vibrations et les déformations.

Traitement des matériaux durs

Angle de coupe négatif de 3° à 0°, améliore la stabilité des bords, convient à l'acier trempé.

Cas d'optimisation

Dans le traitement des pièces à parois minces en alliage d'aluminium aéronautique, un angle d'inclinaison positif de 4° peut réduire la déformation de la pièce de 30 % et améliorer la précision du traitement.

Application de revêtements avancés et optimisation de la microgéométrie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Revêtement (tel que TiN , TiAlN , DLC)
Améliore la résistance à l'usure et à la chaleur, la résistance à la température peut atteindre 10001200°C et la durée de vie est prolongée de 23 fois.
Optimisation de la micro-géométrie
grâce à un rodage laser pour réduire les micro-écaillages, ce qui le rend adapté à l'usinage ultra-précis.
Cas d'optimisation
TiAlN combiné à un tranchant micro-arc de 0,008 mm augmente la durée de vie de l'outil de 40 % lors de l'usinage d'alliages à haute température.

3. Scénarios d'application des paramètres géométriques des outils en carbure

Type d'outil	Paramètres géométriques typiques	Scénario d'application	Effet d'optimisation
Fraise	Angle de coupe 10°15°, angle arrière 10°, angle d'hélice 40°, rayon de coupe 0,02 mm	Fraisage d'alliages d'aluminium pour l'aviation	Rendement augmenté de 20 %, rugosité de surface Ra 0,2 μm
outil de tournage	Angle de coupe 5°10°, angle arrière 8°, rayon de pointe 0,4 mm, angle d'inclinaison 0°	Tournage d'acier inoxydable pour l'automobile	Durée de vie de l'outil augmentée de 25 % et efforts de coupe réduits de 15 %
percer	Angle de coupe 8°, angle arrière 12°, angle d'hélice 35°, rayon de coupe 0,03 mm	Perçage de trous dans des circuits électroniques	Précision du trou ± 0,005 mm, durée de vie augmentée de 30 %
Outils de précision	Angle de coupe 12°, angle arrière 10°, rayon de pointe 0,2 mm, rayon de tranchant 0,01 mm	Traitement des implants médicaux	Qualité de surface améliorée de 40 % et stabilité du traitement améliorée

4. Conclusion

Les paramètres géométriques des outils en carbure (tels que l'angle de coupe, l'angle de dos, le rayon de l'arête de coupe, l'angle d'hélice, le rayon de la pointe de l'outil et l'angle d'inclinaison de l'arête de coupe) sont les principaux facteurs qui déterminent les performances de coupe et la durée de vie de l'outil. L'optimisation des paramètres géométriques en fonction des matériaux et des conditions de travail, combinée à des revêtements avancés et à une conception microgéométrique, permet d'améliorer considérablement l'efficacité d'usinage (2050 %), la qualité de surface (Ra 0,10,4 μm) et la durée de vie de l'outil (515 fois) .

À l'avenir, en utilisant l'IA pour simuler le processus de coupe et la conception géométrique adaptative, les outils en carbure répondront davantage aux besoins de traitement de haute précision et de haute efficacité et fourniront un support fiable pour la fabrication industrielle.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

appendice:

Outils de tournage en carbure

Les outils de tournage en carbure sont les outils de coupe les plus basiques et les plus utilisés dans le domaine de l'usinage mécanique. Grâce à leur excellente dureté, leur résistance à l'usure et leur ténacité, ils jouent un rôle essentiel dans l'usinage au tour. Ces outils réalisent diverses opérations d'usinage, telles que le perçage de cercles extérieurs, de trous intérieurs, de faces frontales, de paliers, de filetages et de contours complexes, grâce à la rotation à grande vitesse de la pièce et à son avance axiale ou radiale. Ils constituent un équipement essentiel pour une fabrication de haute précision et à haut rendement. Les outils de tournage en carbure sont fabriqués à partir de carbure de tungstène (WC), additionné de cobalt (Co) comme phase liante, et frittés par métallurgie des poudres. Les nuances courantes incluent YG6 (contenant 94 % de tungstène et de cobalt, dureté moyenne et ténacité élevée), YG8 (contenant 92 % de tungstène et de cobalt, ténacité élevée), YT15 (contenant du carbure de titane, forte résistance à la chaleur) et YT30 (haute résistance à la chaleur et à l'usure). Ces combinaisons de matériaux leur permettent de s'adapter à une variété de besoins, de l'ébauche à la finition. Les outils se présentent sous différentes formes, notamment avec une structure intégrale en carbure, des lames en carbure soudées ou des lames remplaçables. Le corps de l'outil est généralement en acier haute résistance ou en carbure pour garantir rigidité et stabilité.

1. Conception et optimisation de la géométrie

Les paramètres géométriques des outils de tournage en carbure sont au cœur de l'optimisation de leurs performances. L'angle de coupe (5° - $15^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$) influence directement l'effort de coupe et la formation de copeaux. Un angle de 8° - 10° est couramment utilisé pour l'usinage de l'acier et de la fonte afin d'équilibrer résistance et efficacité de coupe, tandis qu'un angle de 12° - 15° est utilisé pour les métaux non ferreux et les matériaux composites afin de réduire la résistance à la coupe. L'angle de contre-angle (6° - 12°) contrôle le contact entre la face arrière de l'outil et la pièce. Un angle de 6° - 8° convient aux matériaux durs (comme l'acier trempé) et de 10° - 12° aux matériaux tendres (comme les alliages d'aluminium). L'angle de contre-angle secondaire (1° - 3°) et le chanfrein de l'arête de coupe (0,1-0,2 mm) améliorent considérablement la résistance à l'écaillage et aux chocs en réduisant les points de concentration de contraintes, notamment en coupe intermittente. La conception de la queue de l'outil privilégie la rigidité et la suppression des vibrations, et des sections rectangulaires ou circulaires sont couramment utilisées. Certains outils de tournage haut de gamme intègrent des rainures antivibratoires ou des matériaux amortissants pour atténuer l'impact de la résonance. Pour l'usinage de trous profonds ou d'axes longs, certains outils de tournage adoptent une conception à angle d'hélice (30° - 45°) afin d'améliorer l'efficacité de l'évacuation des copeaux. L'optimisation géométrique est souvent combinée à l'analyse par éléments finis (AEF) et à la simulation afin de garantir la stabilité de l'outil dans différentes conditions de travail. De plus, la conception de la rainure d'évacuation des copeaux (profondeur 1-3 mm) optimise l'écoulement des copeaux et prévient leur colmatage, notamment lors des usinages à avance élevée.

2. Revêtement et traitement de surface

La technologie de revêtement est un maillon clé dans l'amélioration des performances des outils de tournage en carbure cimenté. Les revêtements PVD (dépôt physique en phase vapeur), tels que TiN

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(jaune doré, épaisseur 2-5 μm) et TiCN (gris noir, épaisseur 3-6 μm), offrent une résistance à l'usure primaire et une anti-adhérence, adaptés à la coupe à basse vitesse et au traitement des matériaux tendres ; les revêtements CVD (dépôt chimique en phase vapeur), tels que Al_2O_3 (blanc, épaisseur 5-15 μm) et TiAlN (noir violet, épaisseur 10-25 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$), ont une résistance à la température allant jusqu'à 1000°C et une forte résistance à l'oxydation, et sont particulièrement adaptés à la coupe à grande vitesse et aux conditions de travail à haute température (comme l'acier et l'alliage de titane). Les structures de revêtement multicouches (comme $\text{TiN} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiCN}$) combinent les avantages de différents revêtements pour améliorer encore la résistance à l'usure, la résistance à la chaleur et les performances anti-adhérence. Le traitement de surface comprend le polissage mécanique ($R_a < 0,2 \mu\text{m}$) pour réduire l'adhérence des copeaux, le polissage électrolytique ou la microtexture laser pour former une structure microlubrifiante et réduire le coefficient de frottement. De plus, certains outils de tournage utilisent des nanorevêtements (comme le nano TiAlN, grains $< 50 \text{ nm}$) ou des revêtements à gradient (la dureté change progressivement de la surface vers l'intérieur) pour améliorer la résistance à l'usure locale et la ténacité, ce qui est particulièrement adapté à l'usinage de haute précision. Les tests d'adhérence du revêtement (comme le test de rayure, charge critique $> 70 \text{ N}$) garantissent une stabilité à long terme.

3. Caractéristiques techniques et performances

Vitesse de coupe

100-500 m/min ($\pm 10 \text{ m/min}$), 100-300 m/min pour l'acier et la fonte, 300-500 m/min pour les métaux non ferreux et les alliages d'aluminium. Les paramètres spécifiques doivent être ajustés en fonction de la dureté du matériau et des performances de la machine-outil.

dureté

HV 1800-2200 et YT (telles que YT15, YT30) peuvent atteindre HV 2200-2300 en raison de la teneur en carbure de titane, qui convient aux pièces à haute dureté (telles que l'acier trempé HV 500-700).

Ténacité à la rupture

12-18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, la série YG (comme YG6, YG8) a une meilleure ténacité en raison de sa teneur en cobalt plus élevée (6%-8%), et convient aux charges de coupe intermittentes ou aux charges d'impact.

Résistance à l'usure

$< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, ce qui est très performant à l'état brut. Après revêtement, la résistance peut être réduite à $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, ce qui prolonge considérablement la durée de vie.

Résistance à la chaleur

Jusqu'à 1000°C (revêtement CVD amélioré), adapté aux environnements de coupe à haute température tels que les alliages de titane et les alliages à base de nickel.

Précision

$< 0,01 \text{ mm}$ ($\pm 0,001 \text{ mm}$), répondant aux exigences de haute précision des pièces de précision et du traitement des moules (tels que les bagues de roulement, les arbres de transmission).

4. Exigences de traitement et demandes

Données de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La vitesse de coupe pour le traitement de l'acier est de 200 à 400 m/min, la vitesse d'avance est de 0,1 à 0,3 mm/r et la profondeur de coupe est de 1 à 5 mm ; la vitesse de coupe pour le traitement de l'alliage de titane est de 50 à 150 m/min, la vitesse d'avance est de 0,05 à 0,2 mm/r et la profondeur de coupe est de 0,5 à 2 mm ; la vitesse de coupe pour le traitement de l'alliage d'aluminium est de 300 à 500 m/min, la vitesse d'avance est de 0,2 à 0,4 mm/r et la profondeur de coupe est de 1 à 4 mm.

Méthode de refroidissement

La coupe à sec convient à la fonte, réduisant les coûts de liquide de refroidissement ; la coupe humide (émulsion ou liquide de refroidissement à base d'huile) convient à l'acier et aux alliages de titane pour réduire les dommages thermiques ; l'usinage à grande vitesse (comme les alliages d'aluminium) nécessite un refroidissement à haute pression (10-20 bars) pour améliorer l'efficacité de l'élimination des copeaux.

Scénarios d'application :

Industrie automobile

L'usinage des vilebrequins, des arbres à cames, des bielles et des arbres de transmission nécessite une grande précision ($< 0,01$ mm) et une longue durée de vie (> 15 heures), et les revêtements YT15 et TiAlN sont couramment utilisés.

Fabrication de moules

Pour le tournage de précision des cavités de moules, des moules d'emboutissage et des moules en plastique, une qualité de surface élevée ($Ra < 0,4 \mu m$) et un traitement de contour complexe sont nécessaires. Les revêtements YG8 et Al_2O_3 sont sélectionnés.

Pièces d'aviation

Le traitement du cercle extérieur en alliage de titane, des pièces en alliage d'aluminium et des composants en alliage de magnésium nécessite une résistance à haute température ($800^\circ C$) et une anti-adhérence, en utilisant YW1 et un revêtement multicouche.

Machines générales

Pour l'usinage d'arbres, de manchons et de brides, adapté à la nuance générale YG6.

Équipements énergétiques

Pour l'usinage des arbres de turbine et des pièces de compresseur, qui nécessitent une résistance aux températures élevées et à la corrosion, les revêtements YT30 et CrN sont sélectionnés.

5. Défis et solutions

Bordure construite

La découpe de l'acier et de l'acier inoxydable est sujette à de telles situations. Les solutions incluent des conceptions à angle de coupe élevé ($> 10^\circ$), des revêtements à faible frottement (comme le MoS_2) ou une découpe intermittente.

Accumulation de chaleur

La découpe d'alliages de titane et d'alliages à haute température est courante, nécessitant un refroidissement efficace (tel que le refroidissement par jet) ou une réduction de la vitesse de coupe, et l'utilisation de revêtements résistants à la chaleur (tels que TiAlN).

bord ébréché

Si cela est dû à une coupe intermittente ou à une pièce dure (comme des trous d'épingle en fonte),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

des nuances de ténacité élevées (comme YG8) et une passivation des bords (R 0,1-0,15 mm) sont utilisées pour améliorer la durabilité.

Qualité de surface

Des marques de broutage sont susceptibles de se produire lors de la finition et il est nécessaire d'optimiser la vitesse d'avance ($< 0,1 \text{ mm/r}$) et d'utiliser un porte-outil à haute rigidité.

Usure des outils

Les pièces à haute dureté (comme l'acier trempé) s'usent plus rapidement et nécessitent un affûtage régulier ou l'utilisation de revêtements très résistants à l'usure (comme les revêtements diamantés).

6. Tendances d'optimisation et de développement

Optimisation structurelle

Les canaux de refroidissement internes intégrés réduisent l'accumulation de chaleur, les plaquettes indexables sont conçues pour un remplacement facile et un contrôle des coûts, et les tiges d'amortissement (avec matériau d'amortissement) réduisent les vibrations.

Innovation matérielle

Le nano-carbure (taille des grains $< 0,5 \mu\text{m}$) améliore la dureté et la ténacité, et la conception du matériau à gradient (dureté de surface élevée et forte ténacité interne) améliore la résistance des bords.

Intelligent

Des capteurs intégrés surveillent l'usure, la température et les vibrations, combinés à des algorithmes d'IA pour optimiser les paramètres de coupe en temps réel, tels que le réglage dynamique de la vitesse d'avance et de la profondeur de coupe.

Technologie de fabrication

L'impression 3D (fusion laser sélective SLM) permet de réaliser des structures de corps d'outils complexes (telles que des canaux de refroidissement intégrés) pour répondre aux besoins personnalisés des domaines de l'aviation et de la médecine ; la technologie de dépôt laser répare les outils usés.

Tendances environnementales

Développer des revêtements de coupe à sec (tels que des revêtements composites en graphène) pour réduire l'utilisation de liquide de refroidissement et des matériaux d'outils recyclables pour réduire l'impact environnemental.

Fonction composée

Certains outils de tournage intègrent une fonction de coupe par vibration ultrasonique pour réduire la force de coupe et la chaleur, ce qui est particulièrement adapté aux matériaux difficiles à couper.

7. Durée de vie et entretien

La durée de vie de l'outil dépend des paramètres de coupe, du matériau de la pièce et des conditions d'utilisation. Elle est en moyenne de 10 à 20 heures (± 1 heure), environ 15 heures pour l'usinage de l'acier et environ 10 heures pour l'alliage de titane. L'entretien comprend un affûtage régulier (avec des meules diamantées, erreur d'angle $< 0,5^\circ$), une réparation du revêtement (revêtement PVD) et un préréglage de l'outil (mesure laser, erreur $< 0,005 \text{ mm}$) pour garantir sa stabilité à long terme. En fin de vie, l'outil peut être recyclé et réutilisé, et les matériaux en tungstène et cobalt sont refondus.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

dans le four, conformément aux exigences du développement durable.

8. Normes et certifications de l'industrie

Les outils de tournage en carbure doivent être conformes aux normes ISO (telles que la classification ISO 513) et nationales (telles que GB/T 2073-2013). Ils sont certifiés CE et RoHS. Si nécessaire, des manuels techniques détaillés peuvent être fournis aux fabricants CTIA GROUP (CTIA), Sandvik, Kennametal et Mitsubishi pour faciliter le choix et l'utilisation.

9. Classification détaillée

Les outils de tournage en carbure peuvent être classés selon le type d'usinage, le matériau de la pièce et le contexte d'utilisation. Chaque type d'outil possède ses propres caractéristiques de conception et d'application :

outil de tournage extérieur

Principalement utilisé pour l'usinage de la surface extérieure de pièces telles que des arbres et des pièces cylindriques. La lame est conçue en simple ou double tranchant, avec un angle de coupe de 8° à 12° et un angle de recul de 6° à 10° . Les nuances YG6 et YT15 sont sélectionnées, et le chanfrein de l'arête est de 0,1 à 0,15 mm pour une meilleure résistance aux chocs. Le revêtement PVD (par exemple, TiN, épaisseur de 3 à 5 μm) améliore la résistance à l'usure. Vitesse de coupe de 150 à 400 m/min, avance de 0,1 à 0,3 mm/tr, profondeur de coupe de 1 à 5 mm, durée de vie de 12 à 20 heures, précision $< 0,01$ mm, largement utilisé dans les vilebrequins automobiles, les broches de machines-outils et les arbres de transmission.

Outil de tournage intérieur

Conçu pour l'usinage des surfaces intérieures et des ouvertures, l'outil possède une queue fine (5-20 mm de diamètre, 50-200 mm de longueur), un angle de coupe de 10° - 15° pour réduire la résistance à la coupe, un angle de dos de 8° - 12° et utilise les nuances YG8 et YT30. Le revêtement CVD (tel que Al_2O_3 , épaisseur 10-20 μm) améliore la résistance à la chaleur. Vitesse de coupe de 100-300 m/min, avance de 0,05-0,2 mm/tr, profondeur de coupe de 0,5-2 mm, durée de vie de 10-18 heures, précision $< 0,005$ mm, adapté à l'usinage des alésages intérieurs des vérins hydrauliques, des bagues intérieures des roulements et des manchons de précision.

Outil de tournage d'extrémité

Utilisé pour l'usinage des faces d'extrémité et des marches des pièces, largeur de lame de 10 à 50 mm, angle avant de 5° à 10° pour garantir la résistance, angle arrière de 6° à 8° , revêtement YG6 et Al_2O_3 , passivation des bords (R 0,1 mm) pour une meilleure durabilité. Vitesse de coupe de 200 à 500 m/min, avance de 0,2 à 0,4 mm/tr, profondeur de coupe de 1 à 6 mm, durée de vie de 15 à 25 heures, précision $< 0,01$ mm, couramment utilisé pour l'usinage des brides, des disques et des faces d'extrémité des corps de pompe.

Outil de tournage de filets

Conçue pour l'usinage de filetages internes et externes, la lame présente une arête de coupe triangulaire ou trapézoïdale, un angle de coupe de 5° à 8° pour réduire l'effort de coupe, un angle de dos de 6° à 10° et des revêtements YT15 et TiCN. La géométrie de la lame est personnalisable selon le pas (0,5 à 5 mm). Vitesse de coupe : 50 à 200 m/min, avance : 0,05 à 0,15 mm/tr, profondeur de coupe : 0,5 à 2 mm, durée de vie : 10 à 15 heures, précision : $< 0,01$ mm. Largement utilisée dans

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la fabrication d'écrous, de vis et de raccords de tuyauterie.

outil de coupe

Utilisée pour la découpe de pièces ou l'usinage de segments, la lame est de conception étroite (largeur de 2 à 5 mm), avec un angle avant de 0° à 5° pour une meilleure résistance et un angle arrière de 6° à 10°. Revêtements YG8 et TiN sélectionnés, elle est équipée d'une structure de support latéral. Vitesse de coupe : 100 à 300 m/min, avance de 0,1 à 0,2 mm/tr, profondeur de coupe de 2 à 5 mm, durée de vie de 8 à 12 heures, précision < 0,02 mm, adaptée à la découpe de barres, de tubes et de plaques.

Outil de tournage de formage

Usinant des contours complexes et des surfaces non circulaires, la lame est personnalisée en fonction de la forme de la pièce (ellipse, came, etc.). L'angle avant est compris entre 5° et 15°, l'angle arrière entre 6° et 12°. Un revêtement YW1 et multicouche (TiN+Al₂O₃, par exemple) est sélectionné. La lame est polie (Ra < 0,1 µm) pour améliorer la qualité de surface. Vitesse de coupe : 100-400 m/min, avance : 0,05-0,2 mm/tr, profondeur de coupe : 0,5-3 mm, durée de vie : 10-18 heures, précision : < 0,01 mm. Utilisation courante : arbres à cames, moules courbes et pièces à section non circulaire.

Outil de tournage d'ébauche

Accent mis sur l'élimination des excès et l'amélioration de l'efficacité, lame robuste, angle de coupe de 5° à 8°, angle de dos de 6° à 8°, YG8 et YT30 sélectionnés, épaisseur de lame de 2 à 3 mm pour une meilleure résistance aux chocs, revêtement CVD (par exemple TiAlN, épaisseur de 15 à 25 µm) pour une meilleure résistance à l'usure. Vitesse de coupe de 100 à 250 m/min, avance de 0,3 à 0,6 mm/tr, profondeur de coupe de 2 à 10 mm, durée de vie de 10 à 15 heures, convient à l'usinage grossier des billettes de fonte et de l'acier.

Outil de tournage fin

Qualité de surface et précision dimensionnelle optimales, lame tranchante, angle de coupe de 10° à 15°, angle de dos de 8° à 12°, revêtement YT15 et TiAlN, tranchant légèrement passivé (R 0,05 à 0,1 mm) pour réduire les traces de broutage. Vitesse de coupe : 200 à 500 m/min, avance de 0,05 à 0,1 mm/tr, profondeur de coupe de 0,1 à 1 mm, durée de vie de 15 à 25 heures, précision < 0,005 mm. Largement utilisé pour la finition des bagues de roulement, des arbres de transmission et des arbres de précision.

10. Sélection et correspondance

des outils de tournage doit tenir compte du matériau de la pièce, du type d'usinage et des capacités de la machine-outil. Par exemple, pour l'ébauche de l'acier, privilégiez les outils de tournage d'ébauche YG8 et pour l'usinage fin, les outils de tournage fin YT15 ; pour l'usinage des alliages de titane, privilégiez les outils de tournage cylindriques extérieurs YW1 avec revêtement TiAlN ; pour l'usinage des alliages d'aluminium, privilégiez les outils de tournage de formage YG6 afin de réduire le grippage de l'outil. La rigidité de la broche de la machine-outil (> 500 Nm) et la précision de l'avance (< 0,01 mm/tr) influent directement sur les performances de l'outil et doivent être adaptées à son utilisation.

Les outils de tournage en carbure jouent un rôle important dans la fabrication moderne grâce à leur polyvalence et à leurs hautes performances. Leur conception et leur application doivent être choisies

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

en fonction du matériau de la pièce (acier, fonte, alliage de titane, etc.) et des exigences d'usinage (précision et vitesse). Le revêtement, l'optimisation de la géométrie et le refroidissement sont également des facteurs clés pour prolonger la durée de vie et améliorer l'efficacité.

Résumé des types d'outils de tournage en carbure

Type d'outil	Angle de coupe (°)	Angle de dépouille (°)	En vigueur Marque	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Taux d'alimentation (mm/r)	Profondeur de coupe (mm)	vie Heure	Précision (mm)	Applications typiques
outil de tournage extérieur	8-12	6-10	YG6, YT15	Étain (3-5 μm)	150-400	0,1-0,3	1-5	12-20	<0,01	Vilebrequin, arbre principal , arbre de transmission
Outil de tournage intérieur	10-15	8-12	YG8, YT30	Al ₂ O ₃ (10-20 μm)	100-300	0,05-0,2	0,5-2	10-18	<0,005	Vérin hydraulique, bague intérieure du roulement
Outil de tournage d'extrémité	5-10	6-8	YG6	Al ₂ O ₃	200-500	0,2-0,4	1-6	15-25	<0,01	Bride, pièces de disque, corps de pompe
Outil de tournage de filets	5-8	6-10	YT15	TiCN	50-200	0,05-0,15	0,5-2	10-15	<0,01	Écrous, vis, raccords de tuyauterie
outil de coupe	0-5	6-10	YG8	Étain	100-300	0,1-0,2	2-5	8-12	<0,02	Découpe de barres, segmentation de tubes, découpe de plaques
Outil de tournage de formage	5-15	6-12	YW1	TiN + Al ₂ O ₃	100-400	0,05-0,2	0,5-3	10-18	<0,01	Arbres à cames, moules courbes, pièces non rondes
Outil de tournage d'ébauche	5-8	6-8	YG8, YT30	TiAlN (15-25 μm)	100-250	0,3-0,6	2-10	10-15	-	Billetes de fonte, ébauches d'acier

Type d'outil	Angle de coupe (°)	Angle de dépouille (°)	En vigueur Marque	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Taux d'alimentation (mm/r)	Profondeur de coupe (mm)	vie Heure	Précision (mm)	Applications typiques
Outil de tournage fin	10-15	8-12	YT15	TiAlN	200-500	0,05-0,1	0,1-1	15-25	<0,005	Bagues de roulement, arbres de transmission, arbres de précision

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

appendice:

ISO 513:2012

Classification et application des outils en matériaux durs et en revêtement dur **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

1.1 La présente Norme internationale spécifie la classification et l'application des matériaux de coupe durs, y compris les carbures, les céramiques, le diamant et le nitrure de bore, pour l'usinage des métaux à

arêtes de coupe définies, et établit leurs domaines d'application. 1.2 La présente norme s'applique à l'usinage par enlèvement de copeaux et n'est pas destinée à d'autres utilisations, telles que les outils d'extraction et autres outils à impact, les filières de tréfilage, les outils fonctionnant par déformation du métal et les pointes de contact de comparateur.

1.3 La présente norme est destinée à fournir à l'utilisateur un guide pour la sélection des matériaux de coupe durs et à spécifier leurs principales catégories et groupes d'application en fonction des matériaux des pièces et des conditions d'usinage.

2 Références normatives

Les documents suivants sont référencés dans la présente norme et constituent donc des références normatives. Sauf indication contraire, leurs révisions ou amendements ultérieurs ne s'appliquent pas à la présente norme. Il est recommandé d'obtenir les dernières versions de ces documents sur le site web officiel de l'ISO.

ISO 3002-1:1984, Grandeurs de base en coupe et en rectification — Partie 1 : Géométrie de la partie active des outils coupants — Termes généraux, systèmes de référence, angles d'outil et de travail, brise-copeaux

ISO 1832:2017, Plaquettes amovibles pour outils coupants — Désignation

ISO 23601:2009, Identification de sécurité — Signaux de plan d'évacuation et de secours

3 Termes et définitions

Aux fins de la compréhension de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Les matériaux de coupe durs

font référence aux matériaux à dureté élevée (généralement supérieure à HV 1500) et à résistance à l'usure, utilisés pour les opérations de coupe des métaux, y compris le carbure cimenté, la céramique, le diamant et le nitrure de bore cubique (CBN).

3.2 Élimination des copeaux Le

processus d'élimination de matière de la surface d'une pièce par l'interaction de l'outil de coupe avec la pièce, impliquant généralement un tranchant défini.

3.3 Groupes principaux

Catégories de matériaux de coupe durs basées sur la composition du matériau et les caractéristiques de performance, telles que P (acier), M (acier inoxydable), K (fonte), etc.

3.4 Groupes d'application

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

Sous-groupes de matériaux de coupe durs pour des matériaux de pièces et des conditions de traitement spécifiques, utilisés pour guider la sélection des outils.

4 Symboles et abréviations

P : Acier et son acier moulé

M : Acier inoxydable et alliages résistants à la chaleur

K : Fonte

N : Métal non ferreux

S : Matériaux difficiles à traiter (tels que les alliages de titane, les alliages à haute température)

H : Acier trempé (dureté > 50 HRC)

cBN : Nitrure de bore cubique

PVD : dépôt physique en phase vapeur

CVD : dépôt chimique en phase vapeur

5 Classification des matériaux de coupe durs

5.1 Catégories principales

Les matériaux de coupe durs sont classés dans les catégories principales suivantes en fonction de leur composition et de leur adéquation :

Métaux durs : À base de carbure de tungstène (WC), du cobalt (Co) est ajouté comme liant et des carbures tels que TiC et TaC peuvent être **ajoutés** pour améliorer les performances.

Céramiques : comprenant de l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et du nitrure de silicium (Si_3N_4), adaptées à la découpe à grande vitesse .

Diamant : Naturel ou artificiel, adapté aux métaux non ferreux et aux matériaux composites.

Nitrure de bore cubique (cBN) : Convient aux aciers à haute dureté et aux matériaux difficiles à traiter.

5.2 Groupes d'application

En fonction du matériau de la pièce et des conditions d'usinage, les groupes d'application des matériaux de coupe durs sont les suivants :

Groupe P : Convient pour l'acier et son acier moulé, vitesse de coupe 100-400 m/min.

Groupe M : Convient pour l'acier inoxydable et les alliages résistants à la chaleur, vitesse de coupe 50-200 m/min.

Groupe K : Convient pour la fonte, vitesse de coupe 150-500 m/min.

Groupe N : Convient pour l'aluminium, le cuivre et leurs alliages, vitesse de coupe 200-1000 m/min.

Groupe S : Convient aux alliages de titane et aux alliages à haute température, vitesse de coupe 20-100 m/min.

Groupe H : Convient pour l'acier trempé (dureté > 50 HRC), vitesse de coupe 50-150 m/min.

5.3 Classification des revêtements

Revêtement PVD : y compris TiN , TiCN , AlTiN , d'une épaisseur de 2 à 10 μm , adapté à la découpe générale.

Revêtement CVD : comprend TiN + Al_2O_3 + TiCN , épaisseur 5-20 μm , adapté aux conditions de haute température.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6 Guide d'application

6.1 Principes de sélection

Sélectionnez le groupe d'application correspondant en fonction du matériau de la pièce, par exemple, le groupe P convient à l'acier et le groupe N convient à l'alliage d'aluminium.

Le revêtement et la géométrie sont choisis en fonction du type d'usinage (ébauche, finition).

Compte tenu des performances de la machine-outil et des conditions de refroidissement, la découpe humide ou le refroidissement à haute pression est recommandé pour prolonger la durée de vie de l'outil.

6.2 Recommandations relatives aux paramètres de traitement

Vitesse de coupe : Ajustable en fonction du matériau et du type d'outil, allant de 20 à 1000 m/min.

Vitesse d'avance : 0,05-0,5 mm/tour, ajustée en fonction du diamètre du trou ou des exigences de surface.

Profondeur de coupe : 0,1 à 5 mm, selon la précision d'usinage et la résistance de l'outil.

6.3 Restrictions

Évitez d'utiliser les matériaux spécifiés dans cette norme dans des applications sans enlèvement de copeaux.

Pour les charges à fort impact, des nuances à haute ténacité (telles que YG10) sont recommandées.

7 Marquage et identification

7.1 L'identification des matériaux de coupe durs doit inclure la catégorie de matériau, le groupe d'application et le type de revêtement, par exemple :

P30 TiAlN : indique le groupe P, la série YT, le revêtement TiAlN .

K20 CVD : Indique le groupe K, la série YG, le revêtement CVD.

7.2 Le logo doit être clairement imprimé sur la surface de l'outil ou sur l'emballage conformément aux normes ISO 1832.

8 Annexe (informative)

Annexe A : Comparaison des propriétés des matériaux de coupe durs

Type de matériau	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m ^{1/2})	Résistance à la chaleur (°C)	Applications typiques
carbure cémenté	1500-2000	10-20	800-1000	Coupe générale
céramique	1800-2500	3-8	1200	Coupe à grande vitesse
Diamant	8000-10000	5-10	600	Métaux non ferreux
Chambres d'hôtes	4000-5000	6-12	1200	Acier trempé

Annexe B : Tableau de correspondance entre le groupe d'application et le matériau de la pièce

Groupe d'application	Exemples de matériaux de pièces à usiner	Vitesse de coupe recommandée (m/min)
P	Acier au carbone, acier allié	100-400
M	Acier inoxydable, acier résistant à la chaleur	50-200

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Groupe d'application	Exemples de matériaux de pièces à usiner	Vitesse de coupe recommandée (m/min)
K	Fonte grise, fonte ductile	150-500
N	Aluminium, cuivre, laiton	200-1000
S	Alliage de titane, alliage à base de nickel	20-100
H	Acier trempé (50-65 HRC)	50-150

9 Informations sur la publication

Date de sortie : 05/11/2012

Date de confirmation : 15/01/2018 (version actuelle valide)

Numéro de norme internationale : ISO 513:2012

Comité technique : ISO/TC 29/SC 9 - Outils à arêtes de coupe définies

Code ICS : 25.100.01 (Outils coupants en général)

illustrer

Ce qui précède est une version simulée basée sur la structure de la norme ISO 513:2012 et les informations clés mentionnées dans les résultats de recherche (telles que la classification, le groupe d'application, le type de revêtement, etc.). Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, j'ai supposé certains détails techniques (tels que la plage de dureté et les paramètres de coupe) et me suis référé aux pratiques industrielles des outils en carbure cémenté. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé d'obtenir le texte officiel de la norme ISO 513:2012 pour garantir son exhaustivité et son exactitude.

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:

GB/T 2073-2013

Outils de tournage en carbure Outils de tournage en carbure

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation – Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 2073-1998 « Outils de tournage en carbure ». Par rapport à la norme GB/T 2073-1998, les principales modifications techniques sont les suivantes :

Mise à jour de la classification des matériaux et des exigences de performance des outils de tournage en carbure cimenté ;

Exigences accrues en matière de technologie de revêtement ;

Tolérances dimensionnelles ajustées et normes de qualité de surface ;

Les dispositions pertinentes relatives à la protection de l'environnement et au recyclage sont complétées.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils coupants (SAC/TC 207). Les unités de rédaction de cette norme sont : l'Association chinoise de l'industrie des machines-outils, Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. et l'Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Les principaux rédacteurs de cette norme sont :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la classification, les exigences relatives aux matériaux, les conditions techniques, les méthodes d'essai, le marquage, l'emballage, le transport et le stockage des outils de tournage en carbure cimenté.

1.2 La présente norme s'applique aux outils de tournage en carbure cimenté tels que les outils de tournage extérieurs, les outils de tournage pour trous intérieurs, les outils de tournage à tronçonner et les outils de tournage à fileter, qui sont utilisés pour l'usinage des métaux. 1.3 La présente norme ne s'applique pas aux outils de tournage destinés à des usages spéciaux (tels que les outils de tournage pour matériaux non métalliques) ni aux outils de tournage non fabriqués en carbure cimenté.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 191-2008, Marquage pictural pour l'emballage, le stockage et le transport

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cimenté

GB/T 5319-2017, Paramètres géométriques et angles des outils de tournage

ISO 513:2012, Classification et application des matériaux durs et des outils coupants à revêtement

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

dur

3 Termes et définitions

Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Les outils de tournage en carbure cimenté

sont constitués de carbure de tungstène (WC) comme base, avec du cobalt (Co) ou d'autres carbures (tels que TiC , TaC) ajoutés et frittés, et sont utilisés pour le tournage.

3.2 Les outils de tournage revêtus sont des outils de tournage avec des revêtements PVD ou CVD (tels que

TiN , TiAlN) appliqué sur le substrat en carbure cimenté pour améliorer la résistance à l'usure et la résistance à la chaleur.

3.3 Les paramètres géométriques

comprennent l'angle de coupe, l'angle du dos, l'angle d'inclinaison du bord, etc., qui affectent les performances de coupe et la qualité de surface.

4 catégories

4.1 Classification par finalité :

Outil de tournage extérieur : utilisé pour l'usinage de surfaces cylindriques extérieures.

Outil de tournage interne : utilisé pour l'usinage de la surface du trou intérieur.

Outil de coupe : utilisé pour couper ou séparer des pièces.

Outil de tournage de filetage : utilisé pour traiter la surface fileté.

4.2 Classification par structure :

Type intégral : La tête de coupe et le corps de coupe sont formés d'une seule pièce.

Type de soudage : La tête de coupe et le corps de coupe sont reliés par soudage.

Type indexable : Il adopte une structure avec des lames remplaçables.

5 Exigences techniques

5.1 Exigences matérielles

Les nuances de carbure cimenté doivent être conformes aux dispositions de la norme GB/T 2072-2006. Les nuances couramment utilisées sont : YG6 (dureté HV 1800-1900), YT15 (dureté HV 1900-2000) et YW2 (dureté HV 1800-2100).

Plage de teneur en cobalt : 4 % à 12 %, ajustée en fonction de l'utilisation.

5.2 Paramètres géométriques

Angle de coupe : 0° à 15° (ajusté en fonction du matériau de la pièce).

Angle de dépouille : 6° à 12°.

Angle d'inclinaison de la lame : -5° à 5°.

Pour les paramètres spécifiques, voir GB/T 5319-2017.

5.3 Exigences relatives au revêtement

Type de revêtement : PVD (TiN , TiCN , AlTiN , épaisseur 2-10 μ m) ou CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-20 μ m) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

Rugosité de surface : Ra $\leq 0,2$ μ m .

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

5.4 Dimensions et tolérances

Tolérance de longueur de coupe : $\pm 0,5$ mm.

Tolérance de largeur de lame : $\pm 0,2$ mm.

Il est conforme à la norme de précision IT6 de GB/T 1800.1-2009.

5.5 Exigences de performance

Vitesse de coupe : 50-400 m/min (selon le matériau) .

Résistance à l'usure : $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$.

Résistance à la chaleur : jusqu'à 1000°C (revêtement renforcé).

6 Méthodes d'essai

6.1 Le test de dureté est effectué

conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2072-2006 à l'aide d'un testeur de dureté Vickers, avec au moins 3 points de test et la valeur moyenne est prise.

6.2 Le test d'adhérence du revêtement est effectué

conformément à l'annexe B de la norme GB/T 5319-2017 à l'aide d'un testeur de rayures et en enregistrant la charge critique.

6.3 Le test de performance de coupe est effectué sur

une pièce d'essai standard (acier 45 #) et la durée de vie de coupe (≥ 15 h) est enregistrée.

7 Règles d'inspection

7.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

7.2 Les éléments d'inspection comprennent la taille, la dureté, l'adhérence du revêtement et les performances de coupe.

7.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

8 Marquage, emballage, transport et stockage

8.1 Logo

La marque (comme YG6), la taille et la date de production doivent être marquées sur la surface de l'outil, par exemple : YG6-20×150-20230619.

La boîte d'emballage doit être munie des schémas de stockage et de transport conformément à la norme GB/T 191-2008.

8.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois ou un carton.

8.3 Transport et stockage

Évitez les températures élevées ($> 50^\circ\text{C}$) et l'humidité.

La durée de conservation est de 2 ans et une nouvelle inspection est requise après expiration.

9 Annexe (informative)

Annexe A : Comparaison des performances des outils de tournage en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Marque	Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m ^{1/2})	Résistance à la chaleur (°C)	Applications typiques
YG6	1800-1900	15-18	800	Alliage d'aluminium, fonte
YT15	1900-2000	12-15	1000	Acier
YW2	1800-2100	14-17	900	Alliage de titane, acier

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/tr)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-200	0,1-0,3	1-3
alliage d'aluminium	200-400	0,2-0,5	2-5
fonte	150-300	0,1-0,4	1-4

10. Informations de publication

Date de sortie : 19/06/2013

Date d'entrée en vigueur : 01/01/2014

Norme nationale n° : GB/T 2073-2013

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.10 (Outils de tournage)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version de simulation basée sur la structure de la norme GB/T 2073-2013 et sur les pratiques industrielles en matière d'outils de tournage en carbure cémenté. Certains détails techniques (tels que la plage de dureté et les paramètres de coupe) sont pris en compte, et des références à des normes nationales similaires (telles que la norme GB/T 2072-2006) et à la norme ISO 513: 2012 sont faites afin de préserver la cohérence et la cohérence du contenu. Il est toutefois recommandé de se procurer le texte officiel de la norme GB/T 2073-2013 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

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:

GB/T 1800.1-2009

Tolérances et ajustements Partie 1 :

Principes de base et termes connexes des zones de tolérance

Tolérances et ajustements

— Partie 1 : Principes des zones de tolérance et termes associés

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation – Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 1800.1-1998 « Principes fondamentaux et termes connexes des tolérances et des zones de tolérance d'ajustement ». Par rapport à la norme GB/T 1800.1-1998, les principales modifications techniques sont les suivantes :

Mise à jour de la classification et de la méthode de calcul des zones de tolérance ;

Complété les directives d'application des zones de tolérance dans la technologie de fabrication moderne ;

La définition des termes a été ajustée pour s'aligner sur les normes internationales (telles que l'ISO 286-1).

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation du génie mécanique (SAC/TC 5). Les unités de rédaction de cette norme sont : la Fédération chinoise de l'industrie des machines, l'École de génie mécanique, l'Université Tsinghua et l'Institut de recherche sur les machines-outils de Pékin. Les principaux rédacteurs de cette norme sont :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie les principes fondamentaux des zones de tolérance en matière de tolérances et d'ajustements, y compris la définition, la classification, la méthode de marquage et les termes associés.

1.2 La présente norme s'applique à la formulation et à l'application des tolérances dimensionnelles en génie mécanique, couvrant les zones de tolérance des dimensions linéaires et angulaires. 1.3 La présente norme ne s'applique pas aux exigences spécifiques de rugosité de surface, de tolérance de forme ou de tolérance de position. Pour le contenu pertinent, voir GB/T 1182 et GB/T 131.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 1182-2008, Méthode de marquage des tolérances de forme et de position

GB/T 131-2006, Termes de base, types et degrés de tolérance pour les limites et les ajustements

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 286-1:2010, Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement géométrique — Tolérances de forme, d'orientation, de position et de battement — Partie 1 : Généralités, définitions, symboles, indications sur les dessins

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à cette norme :

3.1 Tolérance

La plage d'écart dimensionnel autorisé, c'est-à-dire la différence entre la taille limite maximale et la taille limite minimale.

3.2 Zone de tolérance

La zone géométrique dans une plage de tolérance donnée où la variation dimensionnelle est autorisée, définie par le degré de tolérance et l'écart de base.

3.3 Écart fondamental

L'écart proche de la ligne centrale de la zone de tolérance, qui détermine la direction et l'amplitude de l'écart de la zone de tolérance.

3.4 Degré de tolérance

Indique le niveau de taille de tolérance, de IT01 (précision extrêmement élevée) à IT18 (faible précision), soit un total de 18 niveaux.

3.5 Ajustement

La relation entre les zones de tolérance de deux pièces d'assemblage, y compris l'ajustement avec jeu, l'ajustement de transition et l'ajustement serré.

4 Symboles et abréviations

IT : Degré de tolérance international

h : Écart de référence du trou (en dessous de la ligne zéro)

js : Zone de tolérance sans déviation

g : Écart latéral de l'écart

k : Déviation latérale d'interférence

H : Limite supérieure de la zone de tolérance des trous

P : Limite supérieure de la zone de tolérance de l'arbre

5 principes de base de la zone de tolérance

5.1 Définition de la zone de tolérance

La zone de tolérance est une zone géométrique déterminée par la taille de base, l'écart de base et le degré de tolérance, qui est utilisée pour contrôler la précision d'usinage des pièces.

5.2 Classification des zones de tolérance

Zone de tolérance du trou : basée sur la taille nominale du trou, marquée H, Js, etc.

Zone de tolérance de l'arbre : basée sur la taille nominale de l'arbre, marquée comme h, k, etc.

La zone de tolérance est divisée en 28 types (de A à ZC) selon l'écart de base. Pour plus de détails, voir l'annexe A.

5.3 Niveau de tolérance

Il est divisé en IT01, IT0, IT1 à IT18, et les valeurs sont présentées dans le tableau 1.

La relation entre la qualité IT et la valeur de tolérance est la suivante : valeur de tolérance = coefficient de qualité IT × fonction de la taille de base.

5.4 Méthode de marquage

La zone de tolérance est indiquée par la lettre d'écart de base plus le numéro de degré de tolérance,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

par exemple 20H7, 25g6.

La marque doit être placée à côté de la marque de dimension conformément à la norme GB/T 1182-2008.

6 Exigences techniques

6.1 Calcul de la tolérance.

La tolérance est déterminée en fonction de la taille de base et du degré de tolérance. La formule est la suivante :

Valeur IT = $a \times D^b$ (où D est la dimension de base, a et b sont des coefficients empiriques, voir tableau 1).

6.2 Écart de base

L'écart de base du trou est nul ou négatif (H, Js) .

L'écart de base de l'arbre peut être positif ou négatif (h, k, g).

7 Annexe (normative)

Annexe A : Niveau de tolérance et valeur de tolérance

Degré de tolérance	Gamme de tailles de base (mm)	Valeur de tolérance (μm)
IT6	18-30	16
IT7	18-30	25
IT8	18-30	40
IT9	18-30	63

Annexe B : Tableau des écarts de base

Symbole d'écart	Écart de base (μm)	Champ d'application
H	0	Zone de tolérance des trous
h	0	Zone de tolérance de l'arbre
g	+9 (18-30 mm)	Ajustement de jeu
k	-10 (18-30 mm)	Ajustement serré

8 Règles d'inspection

8.1 Le contrôle des tolérances dimensionnelles doit être effectué conformément à la norme GB/T 1182-2008 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un micromètre.

8.2 L'erreur de mesure de l'écart de la zone de tolérance ne doit pas dépasser 10 %.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les informations relatives à la zone de tolérance doivent être indiquées sur l'emballage du produit, par exemple 20H7, conformément à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utiliser un emballage résistant à l'humidité et le placer dans des cartons ou des boîtes en bois.

9.3 Transport et stockage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Évitez la lumière directe du soleil et l'humidité, température de stockage 0-40°C.

10. Informations de publication

Date de sortie : 15/12/2009

Date d'entrée en vigueur : 2010-07-01

Norme nationale n° : GB/T 1800.1-2009

Comité technique : SAC/TC 5 - Comité technique national de normalisation en génie mécanique

Code ICS : 17.040.10 (Limites et ajustements)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur les pratiques industrielles en matière de structure, de tolérance et d'ajustement de la norme GB/T 1800.1-2009. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, nous supposons certains détails techniques (tels que les valeurs de tolérance et les tableaux d'écarts) et nous référons au contenu pertinent de la norme ISO 286-1:2010 et des normes de la série GB/T. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme GB/T 1800.1-2009 pour garantir son exhaustivité et son exactitude.

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:

GB/T 2072-2006

Spécifications du carbure cimenté

Conditions techniques des alliages durs

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 2072-1994 « Conditions techniques pour le carbure cimenté ». Par rapport à la norme GB/T 2072-1994, les principales modifications techniques sont les suivantes :

Mise à jour des exigences de classification et de performance du carbure cimenté ;

Exigences accrues en matière de technologie de revêtement ;

Ajustement des méthodes de détection et des règles d'inspection ;

Les dispositions pertinentes relatives à la protection de l'environnement et au recyclage sont complétées.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Les unités de rédaction de cette norme sont : l'Association chinoise de l'industrie des machines-outils, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd. et l'Institut des métaux de Xi'an. Les principaux rédacteurs de cette norme sont :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la classification, les exigences relatives aux matériaux, les conditions techniques, les méthodes d'essai, les règles d'inspection, le marquage, l'emballage, le transport et le stockage du carbure cimenté.

1.2 La présente norme s'applique aux produits en carbure cimenté utilisés pour les outils de coupe, les moules et les pièces résistantes à l'usure, y compris, mais sans s'y limiter, les matériaux pour outils de tournage, fraises et broches.

1.3 La présente norme ne s'applique pas au carbure cimenté destiné à des fins non coupantes (comme les outils miniers) ou aux matériaux préparés par des procédés de frittage non standard.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 2073-2013, Outils de tournage en carbure

GB/T 5319-2017, Paramètres géométriques et angles des outils de tournage

ISO 513:2012, Classification et application des matériaux durs et des outils coupants à revêtement dur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3 Termes et définitions

Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Le carbure cimenté

est un matériau multiphasé fabriqué par frittage de carbure de tungstène (WC) avec du cobalt (Co) ou d'autres carbures (tels que

TiC , TaC) par métallurgie des poudres. 3.2 **Le carbure cimenté revêtu est un matériau avec un revêtement PVD ou CVD (tel que**

TiN , TiAlN) appliqué sur le substrat en carbure cimenté pour améliorer la résistance à l'usure et la résistance à la chaleur.

3.3 La densité frittée est la masse

par unité de volume de carbure cimenté après frittage, reflétant sa densité.

4 catégories

4.1 Classification par composition matérielle :

Série YG : Type tungstène-cobalt (WC-Co), adapté au traitement de la fonte et des métaux non ferreux.

Série YT : tungstène titane cobalt (WC- TiC -Co), adapté au traitement de l'acier.

Série YW : tungstène titane tantale (niobium) cobalt (WC- TiC-TaC / NbC -Co), adapté aux conditions de travail complexes.

4.2 Classification par utilisation :

Carbure cimenté pour outils de coupe.

Carbure cimenté pour moules et pièces résistantes à l'usure.

5 Exigences techniques

5.1 Composition chimique

Teneur en carbure de tungstène (WC) : 85 % à 95 %.

Teneur en cobalt (Co) : 4%-12%, ajustée selon la qualité.

Ajout facultatif de TiC , TaC , Teneur en NbC : 0%-10%.

5.2 Propriétés physiques

Dureté : HV 1500-2200 (selon le grade).

Densité : 12,5-15,0 g/ cm³ .

Ténacité à la rupture : 10-20 MPa·m^{1/2} .

5.3 Exigences relatives au revêtement

Type de revêtement : PVD (TiN , TiCN , épaisseur 2-10 μ m) ou CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-20 μ m) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

Rugosité de surface : Ra ≤ 0,2 μ m .

5.4 Tolérance dimensionnelle

Tolérance d'épaisseur : ±0,1 mm.

Tolérance de largeur : ±0,2 mm.

Il est conforme à la norme de précision IT7 de GB/T 1800.1-2009.

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 Méthodes d'essai

6.1 Le test de dureté est

effectué conformément à la norme GB/T 4340.1 à l'aide d'un testeur de dureté Vickers, avec au moins 5 points de test et la valeur moyenne est prise.

6.2 Le test de densité est

effectué conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 en utilisant la méthode d'Archimède.

6.3 Le test d'adhérence du revêtement est effectué

conformément à l'annexe B de la norme GB/T 5319-2017 à l'aide d'un testeur de rayures et en enregistrant la charge critique.

7 Règles d'inspection

7.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

7.2 Les éléments d'inspection comprennent la composition chimique, la dureté, la densité et l'adhérence du revêtement. 7.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

8 Marquage, emballage, transport et stockage

8.1 Logo

Le numéro de marque (tel que YG6), la taille et la date de production doivent être marqués sur la surface du produit, par exemple : YG6-10×50-20250619.

La boîte d'emballage doit être munie des schémas de stockage et de transport conformément à la norme GB/T 191-2008.

8.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois ou un carton.

8.3 Transport et stockage

Évitez les températures élevées ($> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) et l'humidité.

La durée de conservation est de 2 ans et une nouvelle inspection est requise après expiration.

9 Annexe (informative)

Annexe A : Comparaison des performances des nuances de carbure cémenté

Marque	Dureté (HV)	Densité (g/cm ³)	Ténacité à la rupture (MPa·m ^{1/2})	Applications typiques
YG6	1800-1900	14,8-15,0	15-18	Fonte, métaux non ferreux
YT15	1900-2000	11,5-12,0	12-15	Acier
YW2	1800-2100	12,0-13,0	14-17	Alliage de titane, acier

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/tr)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-200	0,1-0,3	1-3
fonte	150-300	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-400	0,2-0,5	2-5

10. Informations de publication

Date de sortie : 30/12/2006

Date de mise en œuvre : 2007-07-01

Norme nationale n° : GB/T 2072-2006

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.01 (Outils coupants en général)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur la structure de la norme GB/T 2072-2006 et sur les pratiques industrielles du carbure cémenté. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, certains détails techniques (tels que la plage de dureté et les paramètres de coupe) sont supposés ici, et des références sont faites à des normes nationales similaires (telles que la norme GB/T 2073-2013) et à la norme ISO 513:2012. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme GB/T 2072-2006 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

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:

GB/T 5319-2017

Paramètres de géométrie et angles des outils de tournage

Paramètres géométriques et angles des outils de tournage

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 5319-1998 « Paramètres géométriques et angles des outils de tournage ». Par rapport à la norme GB/T 5319-1998, les principales modifications techniques sont les suivantes : Mise à jour de la classification et des valeurs recommandées des paramètres géométriques des outils de tournage ;

Ajout de conseils sur le réglage de l'angle dans les techniques de coupe modernes ;

Ajusté les méthodes de mesure et les règles d'inspection ;

Les exigences particulières relatives aux outils de tournage en carbure sont complétées.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Les entités de rédaction de cette norme sont : la Fédération chinoise de l'industrie des machines, Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. et l'Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Les principaux rédacteurs de cette norme sont :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie la définition, la classification, les valeurs recommandées, les méthodes de mesure et les règles d'inspection des paramètres géométriques et des angles des outils de tournage.

1.2 La présente norme s'applique aux outils de tournage en carbure tels que les outils de tournage extérieurs, les outils de tournage intérieurs, les outils de tournage à tronçonner et les outils de tournage à fileter, couvrant leurs principaux paramètres géométriques et angles. 1.3 La présente norme ne s'applique pas aux paramètres géométriques des outils non coupants ou des outils de tournage à usage spécial.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cémenté

GB/T 2073-2013, Outils de tournage en carbure

ISO 3002-1:1984, Grandeurs de base en coupe et en rectification — Partie 1 : Géométrie de la partie active des outils coupants — Termes généraux, systèmes de référence, angles d'outil et de travail, brise-copeaux

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

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à cette norme :

3.1 La géométrie de l'outil

fait référence aux caractéristiques de forme et de taille de la partie coupante de l'outil, y compris l'angle de coupe, l'angle de dépouille, l'angle d'inclinaison du tranchant, etc.

3.2 Angle de coupe

L'angle entre la surface avant du tranchant et le plan perpendiculaire à la direction de la vitesse de coupe, qui affecte la force de coupe et la formation de copeaux.

3.3 Angle de dépouille L'angle entre la surface arrière

du tranchant et la surface de la pièce, qui affecte la durabilité de l'outil et la qualité de surface.

4 Symboles et abréviations

γ : angle de coupe

α : angle de dépouille

λ : angle d'inclinaison

κr : Angle d'approche

WC : Carbure de tungstène

5. Paramètres de géométrie et angles des outils de tournage

5.1 Principaux paramètres géométriques

Angle de coupe (γ) : plage de 0° à 20° , ajusté en fonction du matériau de la pièce.

Angle de dépouille (α) : De 6° à 15° pour assurer une coupe en douceur.

Angle de coupe (λ) : varie de -5° à 5° , affecte le flux de copeaux.

Angle de coupe principal (κr) : s'étend de 45° à 90° et détermine la largeur de coupe.

5.2 Valeurs recommandées

Transformation de l'acier : $\gamma = 5^\circ-10^\circ$, $\alpha = 6^\circ-10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\kappa r = 75^\circ-90^\circ$.

Usinage de la fonte : $\gamma = 0^\circ-5^\circ$, $\alpha = 8^\circ-12^\circ$, $\lambda = -5^\circ$, $\kappa r = 60^\circ-75^\circ$.

Traitement des alliages d'aluminium : $\gamma = 15^\circ-20^\circ$, $\alpha = 10^\circ-15^\circ$, $\lambda = 5^\circ$, $\kappa r = 45^\circ-60^\circ$.

5.3 Exigences particulières

L'angle d'attaque des outils de tournage en carbure peut être ajusté en fonction des performances du revêtement. L'angle γ recommandé pour les outils de tournage revêtus est augmenté de 2 à 5° .

Le bord chanfreiné ($0,1-0,3$ mm) convient à la coupe intermittente et améliore la capacité à résister à l'écaillage.

6 Méthodes de mesure

6.1 Mesure d'angle

Conformément à l'annexe B de la norme GB/T 2073-2013, utilisez un instrument de mesure d'angle avec une précision de $\pm 0,5^\circ$.

6.2 Mesure du chanfrein des bords

Conformément à la norme ISO 3002-1, utilisez un microscope avec une erreur de $\pm 0,05$ mm.

6.3 Contrôle des paramètres géométriques

Effectuez des essais de coupe sur des pièces d'essai standard et enregistrez la morphologie des copeaux et la rugosité de la surface.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7 Règles d'inspection

7.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

7.2 Les éléments d'inspection comprennent l'angle de coupe, l'angle arrière, l'angle d'inclinaison du tranchant et l'angle de déviation principal. 7.3 Écart d'angle $\leq 1^\circ$, sinon il doit être mis au rebut.

8 Marquage, emballage, transport et stockage

8.1 Logo

Les paramètres géométriques (tels que $\gamma 10^\circ \alpha 8^\circ$) doivent être marqués sur la surface du produit conformément à la norme GB/T 191-2008.

La boîte d'emballage doit être marquée avec des icônes de stockage et de transport.

8.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois ou un carton.

8.3 Transport et stockage

Évitez les températures élevées ($> 50^\circ\text{C}$) et l'humidité.

La durée de conservation est de 2 ans et une nouvelle inspection est requise après expiration.

9 Annexe (informative)

Annexe A : Tableau de correspondance des paramètres géométriques et des matériaux de la pièce

Matériau de la pièce	Angle de coupe (γ)	Angle de dépouille (α)	Angle d'inclinaison de la lame (λ)	Angle de déviation principal (κ)
Acier	$5^\circ-10^\circ$	$6^\circ-10^\circ$	0°	$75^\circ-90^\circ$
fonte	$0^\circ-5^\circ$	$8^\circ-12^\circ$	-5°	$60^\circ-75^\circ$
alliage d'aluminium	$15^\circ-20^\circ$	$10^\circ-15^\circ$	5°	$45^\circ-60^\circ$

Annexe B : Conditions d'essai de coupe

Matériau de l'éprouvette : acier 45#

Vitesse de coupe : 150 m/min

Vitesse d'avance : 0,2 mm/tr

Profondeur de coupe : 2 mm

10. Informations de publication

Date de sortie : 29/12/2017

Date d'entrée en vigueur : 01/07/2018

Norme nationale n° : GB/T 5319-2017

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.10 (Outils de tournage)

illustrer

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

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur les pratiques industrielles concernant la structure et les paramètres géométriques des outils de tournage de la norme GB/T 5319-2017. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, cet article suppose certains détails techniques (tels que la plage d'angles et les paramètres de coupe) et fait référence à des normes nationales similaires (telles que GB/T 2073-2013) et ISO 3002-1:1984. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme GB/T 5319-2017 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

appendice

ISO 513:2012

Classification et application des outils en matériaux durs et en revêtement dur
Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec
des arêtes de coupe définies
— Désignation des groupes principaux et des groupes d'application

1 Portée

1.1 La présente Norme internationale spécifie la classification et l'application des matériaux de coupe durs, y compris les carbures, les céramiques, le diamant et le nitrure de bore cubique (cBN), pour l'usinage des métaux à arêtes de coupe définies, et établit des méthodes pour désigner leurs principales catégories et groupes d'application.

1.2 La présente norme s'applique à l'usinage par enlèvement de copeaux et n'est pas destinée à d'autres utilisations telles que les outils d'exploitation minière, les filières de tréfilage ou les outils fonctionnant par déformation du métal. 1.3 La présente norme est destinée à fournir à l'utilisateur un guide pour la sélection des matériaux de coupe durs, en recommandant des matériaux et des revêtements d'outils appropriés en fonction du matériau de la pièce et des conditions d'usinage.

2 Références normatives

Les documents suivants sont référencés dans la présente norme et constituent donc des références normatives. Sauf indication contraire, leurs révisions ou amendements ultérieurs ne s'appliquent pas à la présente norme. Il est recommandé d'obtenir les dernières versions de ces documents sur le site web officiel de l'ISO.

ISO 3002-1:1984, Grandeurs de base en coupe et en rectification — Partie 1 : Géométrie de la partie active des outils coupants — Termes généraux, systèmes de référence, angles d'outil et de travail, brise-copeaux

ISO 1832:2017, Plaquettes amovibles pour outils coupants — Désignation

ISO 15641:2001, Outillage de presse — Matrices et composants de matrices en métaux durs

3 Termes et définitions

Aux fins de la compréhension de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 Les matériaux de coupe durs

sont des matériaux à dureté élevée (généralement supérieure à HV 1500) et à résistance à l'usure utilisés pour les opérations de coupe des métaux, y compris le carbure cémenté, la céramique, le diamant et le nitrure de bore cubique (cBN).

3.2 Élimination des copeaux Le

processus d'élimination de matière de la surface de la pièce par l'interaction de l'outil de coupe avec la pièce, impliquant généralement un tranchant défini .

3.3 Catégorie principale

Classification des matériaux de coupe durs en fonction de la composition du matériau et des caractéristiques de performance, telles que P (acier), M (acier inoxydable), K (fonte), etc. 3.4

Groupe d'application

Sous-groupe de matériaux de coupe durs pour des matériaux de pièces et des conditions de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

traitement spécifiques, utilisé pour guider la sélection des outils.

4 Symboles et abréviations

P : Acier et son acier moulé

M : Acier inoxydable et alliages résistants à la chaleur

K : Fonte

N : Métal non ferreux

S : Matériaux difficiles à traiter (tels que les alliages de titane, les alliages à haute température)

H : Acier trempé (dureté > 50 HRC)

cBN : Nitrure de bore cubique

PVD : dépôt physique en phase vapeur

CVD : dépôt chimique en phase vapeur

5 Classification des matériaux de coupe durs

5.1 Catégories principales

Les matériaux de coupe durs sont classés dans les catégories principales suivantes en fonction de leur composition et de leur adéquation :

Métaux durs : À base de carbure de tungstène (WC), du cobalt (Co) est ajouté comme liant et des carbures tels que TiC et TaC peuvent être **ajoutés** pour améliorer les performances.

Céramiques : comprenant de l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et du nitrure de silicium (Si_3N_4) , adaptées à la découpe à grande vitesse .

Diamant : Naturel ou artificiel, adapté aux métaux non ferreux et aux matériaux composites.

Nitrure de bore cubique (cBN) : Convient aux aciers à haute dureté et aux matériaux difficiles à traiter.

5.2 Groupes d'application

En fonction du matériau de la pièce et des conditions d'usinage, les groupes d'application des matériaux de coupe durs sont les suivants :

Groupe P : Convient pour l'acier et son acier moulé, vitesse de coupe recommandée 100-400 m/min.

Groupe M : Convient pour l'acier inoxydable et les alliages résistants à la chaleur, vitesse de coupe recommandée 50-200 m/min.

Groupe K : Convient à la fonte, vitesse de coupe recommandée 150-500 m/min.

Groupe N : Convient pour l'aluminium, le cuivre et leurs alliages, vitesse de coupe recommandée 200-1000 m/min.

Groupe S : Convient aux alliages de titane et aux alliages à haute température, vitesse de coupe recommandée 20-100 m/min.

Groupe H : Convient pour l'acier trempé (dureté > 50 HRC), vitesse de coupe recommandée 50-150 m/min.

5.3 Classification des revêtements

Revêtement PVD : y compris TiN , TiCN , AlTiN , d'une épaisseur de 2 à 10 μm , adapté à la découpe générale.

Revêtement CVD : comprend TiN + Al_2O_3 + TiCN , épaisseur 5-20 μm , adapté aux conditions de haute température.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6 Guide d'application

6.1 Principes de sélection

Sélectionnez le groupe d'application correspondant en fonction du matériau de la pièce, par exemple, le groupe P convient à l'acier et le groupe N convient à l'alliage d'aluminium.

Le revêtement et la géométrie sont choisis en fonction du type d'usinage (ébauche, finition).

Compte tenu des performances de la machine-outil et des conditions de refroidissement, la découpe humide ou le refroidissement à haute pression est recommandé pour prolonger la durée de vie de l'outil.

6.2 Recommandations relatives aux paramètres de traitement

Vitesse de coupe : Ajustable en fonction du matériau et du type d'outil, allant de 20 à 1000 m/min.

Vitesse d'avance : 0,05-0,5 mm/tour, ajustée en fonction du diamètre du trou ou des exigences de surface.

Profondeur de coupe : 0,1 à 5 mm, selon la précision d'usinage et la résistance de l'outil.

6.3 Restrictions

Évitez d'utiliser les matériaux spécifiés dans cette norme dans des applications sans enlèvement de copeaux.

Pour les charges à fort impact, des nuances à haute ténacité (telles que YG10) sont recommandées.

7 Marquage et identification

7.1 L'identification des matériaux de coupe durs doit inclure la catégorie de matériau, le groupe d'application et le type de revêtement, par exemple :

P30 TiAlN : indique le groupe P, la série YT, le revêtement TiAlN .

K20 CVD : Indique le groupe K, la série YG, le revêtement CVD.

7.2 Le logo doit être clairement imprimé sur la surface de l'outil ou sur l'emballage conformément à la norme ISO 1832:2017.

8 Annexe (informative)

Annexe A : Comparaison des propriétés des matériaux de coupe durs

Type matériau	de Dureté (HV)	Ténacité à la rupture (MPa·m ^{1/2})	Résistance à la chaleur (°C)	Applications typiques
carbure cémenté	1500-2000	10-20	800-1000	Coupe générale
céramique	1800-2500	3-8	1200	Coupe à grande vitesse
Diamant	8000-10000	5-10	600	Métaux non ferreux
Chambres d'hôtes	4000-5000	6-12	1200	Acier trempé

Annexe B : Tableau de correspondance entre le groupe d'application et le matériau de la pièce

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Groupe d'application	Exemples de matériaux de pièces à usiner	Vitesse de coupe recommandée (m/min)
P	Acier au carbone, acier allié	100-400
M	Acier inoxydable, acier résistant à la chaleur	50-200
K	Fonte grise, fonte ductile	150-500
N	Aluminium, cuivre, laiton	200-1000
S	Alliage de titane, alliage à base de nickel	20-100
H	Acier trempé (50-65 HRC)	50-150

9 Informations sur la publication

Date de sortie : 05/11/2012

Date de confirmation : 15/01/2018 (version actuelle valide)

Numéro de norme internationale : ISO 513:2012

Comité technique : ISO/TC 29/SC 9 - Outils à arêtes de coupe définies

Code ICS : 25.100.01 (Outils coupants en général)

illustrer

Ce qui précède est une version simulée basée sur la structure de la norme ISO 513:2012 et les informations clés mentionnées dans les résultats de recherche (telles que la classification, le groupe d'application, le type de revêtement, etc.). Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, ce texte suppose certains détails techniques (tels que la plage de dureté et les paramètres de coupe) et se réfère à la pratique industrielle des outils en carbure cémenté. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé d'obtenir le texte officiel de la norme ISO 513:2012 pour garantir son exhaustivité et son exactitude.

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

Fraises en carbure

Les fraises en carbure jouent un rôle indispensable dans le domaine de l'usinage mécanique. Grâce à leur excellente dureté, leur résistance à l'usure et aux chocs, elles sont devenues des outils indispensables pour l'usinage par fraisage. Grâce à leur rotation à grande vitesse, ces fraises permettent d'usiner avec souplesse des plans, des rainures, des redans, des flancs et des surfaces courbes complexes, contribuant ainsi à l'efficacité de la production moderne. Elles utilisent du carbure de tungstène (WC) comme composant principal, complété par du cobalt (Co) comme liant, et parfois du carbure de titane (TiC) ou du carbure de tantale (TaC) pour améliorer les performances. Elles sont frittées selon un procédé de métallurgie des poudres de précision. Les nuances courantes, telles que YG10, sont particulièrement adaptées à l'usinage intermittent grâce à leur excellente ténacité ; YT30 est performant à haute température grâce à son excellente résistance à la chaleur ; et YW2 est un choix idéal pour divers scénarios d'usinage grâce à son équilibre et ses performances globales. La conception structurelle de la fraise est diversifiée, avec un corps unique en carbure intégré et une conception flexible avec lames remplaçables. Le corps de la fraise est généralement en acier haute résistance ou en carbure pour assurer une rigidité et une stabilité suffisantes lors des rotations à grande vitesse.

1. Conception et optimisation de la géométrie

La conception géométrique des fraises en carbure est essentielle à leur bon fonctionnement. Les concepteurs ajustent soigneusement divers paramètres pour améliorer les performances de coupe et la qualité d'usinage. L'angle d'hélice est généralement compris entre 30° et 45°. Cette conception permet non seulement une évacuation fluide des copeaux, mais réduit également efficacement la résistance à la coupe. L'angle de coupe positif est généralement contrôlé entre 5° et 10°. Ce choix d'angle permet de réduire le frottement entre l'outil et la pièce, rendant la coupe plus fluide. De plus, l'angle R (0,5-2 mm) de la lame améliore la résistance de l'outil et prolonge sa durée de vie. Les fraises sont généralement équipées de 2 à 4 arêtes de coupe, d'un diamètre compris entre 3 et 20 mm, particulièrement adaptées à l'usinage de trous de petit diamètre ou à l'usinage fin. Les fraises à surfacer, quant à elles, sont plus grandes, avec un diamètre compris entre 50 et 200 mm, et le nombre de lames varie de 4 à 12. Une configuration multi-lames est utilisée pour améliorer l'efficacité du fraisage de grandes surfaces. La conception du manche de l'outil privilégie la rigidité et la résistance aux vibrations, et est généralement cylindrique ou conique. Certains modèles haut de gamme intègrent même des rainures antivibratoires ou un système d'équilibrage dynamique pour garantir la stabilité à des vitesses élevées, jusqu'à 20 000 tr/min. La profondeur de la rainure à copeaux est ajustée en fonction des exigences d'usinage, généralement entre 2 et 5 mm. Cette conception empêche efficacement le blocage des copeaux, ce qui est particulièrement important pour les usinages en profondeur.

2. Revêtement et traitement de surface

La technologie des revêtements a insufflé un nouveau dynamisme aux fraises en carbure, leur permettant d'être performantes dans diverses conditions difficiles. Les revêtements PVD (dépôt physique en phase vapeur) tels que TiN, d'un jaune doré attrayant et généralement d'une épaisseur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de 2 à 5 microns, offrent une protection initiale contre l'usure et sont particulièrement adaptés pour éviter l'adhérence lors de l'usinage des alliages d'aluminium. Les revêtements CVD (dépôt chimique en phase vapeur) tels que TiAlN, avec leur aspect noir violacé et leur résistance à des températures allant jusqu'à 1100 °C, sont devenus le choix privilégié pour l'usinage à haute température de l'acier et des alliages de titane, avec une épaisseur généralement comprise entre 10 et 25 microns. Les structures de revêtement multicouches, telles que TiN combiné à Al₂O₃ et TiCN, combinent de multiples avantages en termes de performances, avec une épaisseur allant jusqu'à 15 à 30 microns, améliorant encore la résistance à l'usure et à la chaleur. En termes de traitement de surface, le processus de polissage permet de contrôler la rugosité de surface à Ra < 0,2 micron, réduisant ainsi efficacement l'adhérence des copeaux. La technologie de microtexturation laser creuse de minuscules rainures de lubrification sur la surface pour réduire les frottements. Certaines fraises avancées utilisent même des nanorevêtements, comme le nano-TiAlN (grains inférieurs à 50 nanomètres), particulièrement adapté aux tâches d'usinage exigeant une très haute précision. Le test d'adhérence du revêtement est réalisé par un essai de rayure, nécessitant une charge critique de plus de 80 Newtons pour garantir son adhérence lors de l'usinage à grande vitesse.

3. Caractéristiques techniques et performances

Les fraises en carbure offrent d'excellentes performances techniques et une fiabilité optimale pour diverses tâches d'usinage. Leur vitesse de coupe varie de 200 à 1 000 mètres par minute, selon le matériau de la pièce. Par exemple, l'acier atteint généralement 200 à 400 mètres par minute, tandis que l'alliage d'aluminium peut atteindre 500 à 1 000 mètres par minute. Les paramètres d'usinage doivent être ajustés avec souplesse en fonction des propriétés du matériau et des performances de la machine-outil. En termes de dureté, la fraise se situe généralement entre HV 1 700 et 2 100. Les produits de la série YT peuvent même atteindre HV 2 100 à 2 200 grâce au carbure de titane, ce qui est suffisant pour les pièces très dures. La ténacité à la rupture est de 14 à 20 MPa·m^{1/2}. La série YG, comme la YG10, offre une ténacité supérieure grâce à sa forte teneur en cobalt, ce qui la rend particulièrement adaptée aux applications nécessitant une résistance aux impacts de coupe intermittents. La résistance à l'usure est inférieure à 0,04 millimètre cube par Newton-mètre et peut être réduite à 0,02 millimètre cube par Newton-mètre après revêtement, ce qui prolonge considérablement la durée de vie de l'outil. Sa résistance à la chaleur peut atteindre 1 100 °C (grâce au revêtement CVD amélioré), ce qui lui permet de rester stable à haute température. La précision d'usinage est contrôlée à 0,02 mm près, ce qui est suffisant pour répondre aux exigences des surfaces complexes et des pièces de précision.

4. Exigences de traitement et demandes

Les exigences d'usinage et les applications des fraises en carbure reflètent leurs caractéristiques multifonctionnelles. Les paramètres de coupe varient selon le matériau. Par exemple, la vitesse de coupe de l'acier est généralement de 200 à 400 mètres par minute, l'avance de 0,1 à 0,3 mm par dent et la profondeur de coupe de 1 à 5 mm ; les alliages d'aluminium, quant à eux, nécessitent des vitesses de coupe plus élevées, allant de 500 à 1 000 mètres par minute, l'avance de 0,2 à 0,5 mm par dent et la profondeur de coupe peut atteindre 2 à 8 mm. Le choix de la méthode de refroidissement est également crucial. La coupe à sec est adaptée à l'usinage des alliages

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

d'aluminium et permet de réduire le coût du liquide de refroidissement ; la coupe humide avec émulsion est plus adaptée à l'acier et permet de réduire efficacement les dommages thermiques ; et pour les matériaux difficiles à usiner comme les alliages de titane, le refroidissement haute pression (15-25 bars) peut améliorer considérablement l'efficacité d'enlèvement des copeaux et la durée de vie de l'outil. Dans les applications pratiques, les fraises sont souvent utilisées dans le domaine aérospatial pour traiter les peaux en alliage d'aluminium et les composants en alliage de titane, qui nécessitent une grande précision et une résistance à la chaleur ; l'industrie du moule s'appuie sur elle pour fraiser des surfaces complexes et des matrices d'emboutissage, en se concentrant sur la finesse de la qualité de surface ; et dans le traitement mécanique, elle est largement utilisée dans le traitement des pièces rainurées et des contours d'engrenages, démontrant sa polyvalence.

5. Défis et solutions

L'utilisation de fraises en carbure est inévitable, mais des solutions scientifiques permettent de les résoudre efficacement. Les vibrations constituent un problème majeur lors de la coupe à grande vitesse. Elles peuvent être atténuées grâce à l'utilisation d'une poignée antivibratoire et à l'optimisation de l'angle d'hélice. L'accumulation de chaleur lors de l'usinage des alliages de titane est un problème courant, qui peut être efficacement atténué par un système de refroidissement efficace et un revêtement résistant à la chaleur (comme le TiAlN). La coupe intermittente peut facilement entraîner l'écaillage, et l'utilisation de nuances à haute ténacité comme le YG10 et la passivation des arêtes peut améliorer considérablement la durabilité. Si la rugosité de surface n'est pas optimale lors de la finition, le résultat peut être optimisé en réduisant l'avance et en utilisant un revêtement de polissage. Ensemble, ces solutions garantissent la fiabilité des performances de la fraise dans des conditions de travail complexes.

6. Tendances d'optimisation et de développement

L'optimisation et le développement des fraises en carbure cémenté reflètent la quête d'efficacité et d'intelligence de l'industrie. En termes d'optimisation structurelle, le canal de refroidissement interne intégré réduit efficacement l'accumulation de chaleur ; la conception de la lame remplaçable facilite le remplacement et réduit les coûts ; et la technologie d'équilibrage dynamique améliore la stabilité des opérations à grande vitesse. En termes d'innovation matérielle, le carbure nano-cémenté améliore la dureté et la ténacité grâce à ses grains fins (moins de 0,5 micron) ; et la conception du matériau à gradient permet à la lame d'offrir à la fois une dureté et une ténacité élevées. La tendance à l'intelligence permet d'intégrer des capteurs à la fraise pour surveiller l'usure, la température et les vibrations en temps réel, et d'ajuster dynamiquement les paramètres de coupe grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle. En termes de technologie de fabrication, les technologies d'impression 3D telles que la fusion sélective par laser (SLM) permettent de créer des structures d'outils complexes, telles que des canaux de refroidissement intégrés, tandis que la technologie de dépôt laser permet de réparer les outils usés. La tendance en matière de protection de l'environnement a favorisé le développement de revêtements de coupe à sec (tels que les revêtements composites en graphène), réduisant la dépendance aux liquides de refroidissement, tandis que l'utilisation de matériaux recyclables réduit également l'impact environnemental.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. Durée de vie et entretien

La durée de vie des fraises en carbure varie en fonction du matériau de la pièce et des conditions d'usinage. Elle est généralement comprise entre 5 et 15 heures, par exemple environ 10 heures pour l'usinage de l'acier et jusqu'à 15 heures pour l'usinage des alliages d'aluminium. Les travaux d'entretien comprennent un affûtage régulier, l'utilisation de meules diamantées pour garantir une erreur d'angle inférieure à 0,5°, la réparation du revêtement par PVD pour restaurer les performances et le préréglage laser pour garantir une erreur inférieure à 0,005 mm. Ces mesures permettent de prolonger efficacement la durée de vie de l'outil. Une fois mis au rebut, les matériaux en tungstène et cobalt qu'il contient peuvent être recyclés et réutilisés par fusion et retour au four, conformément au concept de développement durable.

8. Normes et certifications de l'industrie

La production et l'utilisation des fraises en carbure doivent être conformes aux normes internationales et nationales, telles que la norme ISO 15641 et la série de normes nationales chinoises GB/T, afin de garantir qualité et sécurité. En matière de certification, les certifications de sécurité CE et environnementale RoHS sont essentielles. Des fabricants de renommée internationale tels que Sandvik, Kennametal et Mitsubishi fournissent des manuels techniques détaillés pour guider les utilisateurs dans le choix et l'utilisation de leurs produits.

9. Classification des fraises en carbure

Les fraises en carbure peuvent être divisées en plusieurs catégories en fonction des exigences de traitement et des scénarios d'application, chaque type a sa propre conception et son propre objectif uniques :

Fraise à queue

Cette fraise en carbure monobloc est dotée de 2 à 4 arêtes de coupe et d'un diamètre compris entre 3 et 20 mm. L'angle de coupe est compris entre 5° et 10°, l'angle de coupe arrière entre 6° et 12°. La nuance YG10 est sélectionnée et une couche de TiN (épaisseur 2 à 5 microns) est appliquée pour améliorer la résistance à l'usure. La vitesse de coupe est comprise entre 200 et 600 mètres par minute et la précision d'usinage est inférieure à 0,02 mm, ce qui est idéal pour les trous de petit diamètre et les usinages de précision.

Fraise à surfacer

La fraise à surfacer est dotée d'une plaquette remplaçable, avec un nombre de lames compris entre 4 et 12 et un diamètre compris entre 50 et 200 mm, idéale pour le fraisage de grandes surfaces. L'angle de coupe est compris entre 5° et 8°, l'angle de recul entre 6° et 10°, et la nuance YT30 est sélectionnée. Le revêtement TiAlN (épaisseur 10-25 microns) offre une résistance élevée à la chaleur. La vitesse de coupe est de 300 à 1 000 mètres par minute, avec une précision inférieure à 0,02 mm. Elle est largement utilisée pour le fraisage plan et l'usinage de moules.

Fraises à boulets

Les fraises à bout sphérique sont réputées pour leurs arêtes de coupe sphériques, avec des diamètres allant de 6 à 30 mm, des angles de coupe de 10° à 15°, des angles de dos de 8° à 12° et des nuances YW2. Elles sont revêtues de plusieurs couches pour une résistance à l'usure et à la chaleur. Leur vitesse de coupe, comprise entre 200 et 500 m/min, et leur précision inférieure à 0,01 mm, les

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

rendent particulièrement adaptées à l'usinage de surfaces courbes complexes de pièces aéronautiques.

Fraise de formage

Le tranchant de cette fraise est personnalisé en fonction de la forme spécifique de la pièce à usiner, avec un diamètre compris entre 10 et 50 mm, un angle de coupe de 5° à 15°, un angle de recul de 6° à 12° et une nuance YG10. Le revêtement CrN offre une résistance accrue à la corrosion. La vitesse de coupe est de 100 à 400 mètres par minute et la précision est inférieure à 0,02 mm. Elle est largement utilisée pour les contours spéciaux et la fabrication de moules.

Fraise d'ébauche

Les fraises d'ébauche sont réputées pour leur conception robuste, avec 4 à 8 lames, des diamètres de 20 à 100 mm, des angles de coupe de 5° à 8°, des angles de dos de 6° à 8°, une nuance YG8 et un revêtement TiAlN (épaisseur 15-25 microns) pour une meilleure résistance à l'usure. Leurs vitesses de coupe varient de 200 à 400 m/min, leurs profondeurs de coupe de 2 à 10 mm et elles conviennent aux travaux d'ébauche de la fonte et de l'acier.

Fraise de finition

La fraise fine présente des arêtes vives (2 à 6 arêtes), un diamètre de 5 à 30 mm, un angle avant de 10° à 15° et un angle arrière de 8° à 12°, et est fabriquée en nuance YT15. Le revêtement TiCN assure une protection de haute précision. La vitesse de coupe est de 300 à 800 mètres par minute, la profondeur de coupe de 0,1 à 2 mm et la précision est inférieure à 0,01 mm. Elle est largement utilisée pour la finition des engrenages et des pièces de précision.

10. Sélection et correspondance

Le choix de la fraise en carbure idéale nécessite une prise en compte complète du matériau de la pièce et du type d'usinage. Par exemple, pour l'usinage de l'acier, la fraise à surfacer YT30 est idéale ; pour les alliages d'aluminium, la fraise YG10 évite efficacement le grippage ; et pour l'usinage des alliages de titane, la fraise à tête sphérique YW2 avec revêtement résistant à la chaleur est plus adaptée. Les performances de la machine-outil sont également cruciales : la puissance de la broche doit dépasser 5 kW et la vitesse de rotation doit dépasser 10 000 tr/min pour exploiter pleinement le potentiel de la fraise.

11. Résumé des types de fraises en carbure

Couteaux taper	Nombre de lames	diamètre (mm)	Angle avant (°)	Angle arrière (°)	En vigueur Marque	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
Fraise à queue	2-4	3-20	5-10	6-12	YG10	TiN (2-5 μm)	200-600	1-5	<0,02	Usinage de trous et de rainures
Fraise à surfacer	4-12	50-200	5-8	6-10	YT30	TiAlN (10-25 μm)	300-1000	2-8	<0,02	Fraisage de surface, moule
Fraises à boulets	-	6-30	10-15	8-12	YW2	Revêtement multicouche	200-500	0,5-3	<0,01	Surfaces complexes, pièces d'aviation

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Couteaux taper	Nombre de lames	diamètre (mm)	Angle avant (°)	Angle arrière (°)	En vigneuse Marque	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
Fraise de formage	-	10-50	5-15	6-12	YG10	CrN	100-400	1-4	<0,02	Profilés spéciaux, moules
Fraise d'ébauche	4-8	20-100	5-8	6-8	YG8	TiAlN (15-25 µm)	200-400	2-10	-	Usinage grossier, Fonte
Fraise de finition	2-6	5-30	10-15	8-12	YT15	TiCN	300-800	0,1-2	<0,01	Finition, Engrenages

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Que sont les fraises en carbure ?

(1) Présentation des fraises en carbure

Les fraises en carbure sont des outils de coupe aux excellentes performances, largement utilisés dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules et d'autres secteurs industriels exigeant une précision et une efficacité de production élevées. Cet outil est reconnu pour son excellente résistance à l'usure, sa dureté élevée et son excellente aptitude à la coupe. Cet outil rotatif polyvalent permet de réaliser des tâches de coupe complexes dans diverses conditions d'usinage. Sa conception lui permet d'utiliser simultanément les arêtes de coupe de l'extrémité et de la périphérie pour l'usinage axial et radial, ce qui le rend particulièrement adapté à l'usinage de rainures, de flancs, de contours et de surfaces tridimensionnelles complexes. Sa large application est due aux propriétés spécifiques des carbures, qui résistent à des charges élevées et à des températures élevées, ce qui lui permet d'être performant dans l'usinage de matériaux à haute résistance tels que l'acier inoxydable, les alliages de titane et l'acier trempé. De plus, les fraises en carbure sont souvent utilisées en association avec les machines-outils et centres d'usinage CNC modernes afin d'exploiter pleinement leur potentiel de coupe efficace, notamment dans les applications exigeant une précision élevée et un usinage géométrique complexe. Qu'il s'agisse d'usinage manuel de petites pièces ou de production en série de grandes pièces, les fraises en carbure offrent des solutions d'usinage fiables et deviennent un outil essentiel de la fabrication moderne. Leur flexibilité réside également dans leur personnalisation en fonction des différents matériaux et exigences d'usinage, répondant ainsi à la diversité des besoins industriels.

(2) Matériaux et fabrication des fraises en carbure

Le matériau de fabrication des fraises en carbure cémenté est essentiel à leurs performances. Elles sont généralement composées de carbure de tungstène (WC) comme composant principal, complété par du cobalt (Co) comme liant, et frittées grâce à une technologie avancée de métallurgie des poudres. Ce matériau composite offre un équilibre entre dureté élevée et ténacité grâce à une formulation précise et un contrôle rigoureux du procédé, garantissant ainsi un affûtage optimal de l'outil pendant la coupe tout en résistant aux risques de casse. Le choix de la nuance de carbure cémenté dépend des caractéristiques du matériau à traiter. Les nuances courantes sont :

YG6 : Sa teneur en cobalt est d'environ 6 %, sa dureté est comprise entre HV 1800 et 1900, sa résistance à la flexion est d'environ 1800 à 2000 MPa, il présente une bonne résistance à l'usure et aux chocs et est particulièrement adapté à l'usinage de la fonte, des métaux non ferreux (tels que l'aluminium et le cuivre) et de certains matériaux de dureté moyenne. Il est largement utilisé pour la découpe générale.

YT15 : Contient du carbure de titane et du carbure de tungstène, avec une dureté HV de 1 900 à 2 000 et une résistance à la flexion d'environ 1 600 à 1 800 MPa. Il est adapté à l'usinage de l'acier et des aciers alliés. Grâce à sa grande stabilité à haute température, il est particulièrement adapté à la coupe continue.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

carbure de niobium sont Ajouté, avec une dureté comprise entre HV 1800 et 2100 et une résistance à la flexion d'environ 1700 à 1900 MPa. Il est particulièrement adapté à l'usinage de matériaux difficiles à usiner tels que les alliages de titane, les alliages à base de nickel et l'acier inoxydable, et convient au secteur aérospatial.

Le processus de fabrication commence par le mélange précis de matières premières de haute pureté pour assurer une répartition uniforme des ingrédients, suivi d'un pressage haute pression et d'un frittage longue durée (généralement de 6 à 12 heures) dans un four de frittage haute température entre 1400 °C et 1500 °C pour garantir la densité et l'homogénéité du matériau. L'ébauche frittée subit plusieurs opérations de rectification et de polissage de précision, et le tranchant de la lame est finement poli au micron près (rugosité de surface $Ra \leq 0,1$ micron) pour garantir la qualité de coupe. De plus, afin d'améliorer encore les performances, de nombreuses fraises carbure modernes appliquent des revêtements de surface par dépôt physique en phase vapeur (PVD) ou chimique en phase vapeur (CVD). Les revêtements courants incluent :

TiN (nitrure de titane) : De couleur jaune, d'une épaisseur de 2 à 5 microns, il présente une dureté d'environ 2 000 à 2 500 HV. Il améliore considérablement la résistance à l'usure et à l'oxydation et convient à l'usinage général de l'acier.

TiCN (carbonitrure de titane) : bleu ou violet, épaisseur de 3 à 6 microns, dureté d'environ 2 500 à 3 000 HV, anti-adhérence et durée de vie de coupe améliorées, particulièrement adapté aux alliages d'aluminium et à l'acier inoxydable.

Al_2O_3 (oxyde d'aluminium) : Blanc, d'une épaisseur de 5 à 10 microns, il présente une dureté d'environ 3 000 HV. Il est adapté aux environnements de coupe à haute température, comme l'usinage de l'acier trempé ou des alliages haute température.

Ces revêtements sont déposés dans un environnement sous vide ou sous gaz inerte et peuvent réduire efficacement la friction et empêcher l'adhérence entre l'outil et le matériau de la pièce, prolongeant ainsi la durée de vie, en particulier dans des conditions de coupe à grande vitesse ($V_c > 300$ m/min) ou de coupe à sec.

(3) Types et structures des fraises en carbure

Les fraises en carbure se divisent en plusieurs types selon leur utilisation et leur conception. Chaque type est optimisé pour des besoins d'usinage spécifiques. Voici une classification détaillée et ses caractéristiques :

Fraises à queue droite

La tige est cylindrique, avec un diamètre compris entre 3 et 32 mm. Elle adopte des méthodes de serrage standardisées (mandrins à ressort ou mandrins hydrauliques, par exemple), ce qui la rend adaptée aux tâches de fraisage courantes et largement utilisée sur les petites machines-outils et les applications manuelles. Sa structure simple et son installation facile la rendent idéale pour l'usinage de pièces de petite et moyenne taille, notamment pour les lignes de production flexibles nécessitant des changements d'outils fréquents.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fraise à queue

Avec une conception à cône 7:24 ou Morse, le diamètre de la petite extrémité de la tige conique varie de 16 mm à 50 mm. Cette conception offre une rigidité de serrage supérieure (la capacité de transmission de couple peut atteindre plus de 500 Nm), idéale pour les travaux de coupe intensifs et les machines-outils de grandes dimensions, notamment pour l'usinage de trous profonds ou l'ébauche nécessitant un couple élevé.

Fraises à bout sphérique

L'extrémité coupante est sphérique et le rayon de la tête sphérique varie de 0,5 mm à 10 mm. Elle est particulièrement utilisée pour les surfaces courbes tridimensionnelles et l'usinage de moules complexes. Sa trajectoire de coupe régulière permet d'éviter les rayures ou les effets de marche sur la surface de la pièce. Elle est largement utilisée dans les moules automobiles (comme les moules d'emboutissage) et la fabrication de pièces aéronautiques (comme les surfaces d'aubes).

Fraises plates

L'extrémité de coupe est plate, avec un nombre de lames compris entre 2 et 8, ce qui la rend idéale pour le fraisage de rainures, le fraisage latéral et le rabotage. Sa conception privilégie l'efficacité et la stabilité de coupe. Elle est couramment utilisée en production de masse (comme pour le rainurage d'engrenages) et sa largeur de coupe peut atteindre plus de 80 % du diamètre de l'outil.

Fraise à bord ondulé

Le dos de la lame présente une forme ondulée avec une amplitude de 0,1 à 0,3 mm et une longueur d'onde de 2 à 5 mm. Cette structure réduit les vibrations en dispersant la force de coupe (l'amplitude des vibrations peut être réduite de 30 à 50 %) et convient à la coupe à grande vitesse et aux matériaux difficiles à usiner (comme l'acier trempé HRC 50-60).

(4) Les paramètres structurels typiques des fraises en carbure comprennent :

Diamètre de coupe (D)

De 1 mm à 40 mm, couvrant une large gamme de besoins allant du micro-usinage (composants microélectroniques) à la découpe lourde (grandes pièces moulées).

Longueur totale (L)

De 50 mm à 250 mm, assurant une adaptation à différentes longueurs de broche de machine-outil et profondeurs de pièce, et le type extra-long peut atteindre 300 mm.

Longueur de coupe effective (l)

De 10 mm à 100 mm, détermine la profondeur de coupe maximale de l'outil dans la pièce, et le traitement des cavités profondes peut être personnalisé jusqu'à 150 mm.

Diamètre de la tige (d)

Adapté au diamètre de coupe, le degré de tolérance est h6 (0/-0,006 mm), garantissant la précision de serrage, le diamètre maximum peut atteindre 40 mm.

Angle d'hélice

La plage est de 15° à 45°, la valeur standard est de 30°, ce qui affecte l'efficacité de décharge des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

copeaux et la stabilité de coupe. 35° à 40° sont généralement utilisés pour la finition (le taux de décharge des copeaux est augmenté de 15%), et 15° à 20° peuvent être utilisés pour l'ébauche.

Nombre de lames

2-10, ajusté en fonction du diamètre et du matériau de traitement, plus il y a de lames, plus l'efficacité de coupe est élevée (l'efficacité peut être augmentée de 20% à 40%), mais l'exigence de rigidité de la machine-outil est également plus élevée (la rigidité de la broche doit être $\geq 2000 \text{ N}/\mu\text{m}$).

(5) Paramètres techniques des fraises en carbure

Les paramètres de performance des fraises en carbure varient selon le modèle et l'application. Voici les valeurs typiques détaillées à titre de référence pour l'utilisateur et pour un usinage optimisé :

dureté

La dureté du substrat varie de HV 1800 à 2100, et la dureté de la surface après revêtement peut atteindre plus de 3000 HV, dépassant de loin la dureté de l'acier rapide conventionnel (HSS) (HV 800-900), garantissant une résistance à l'usure sous des charges élevées (taux d'usure réduit de plus de 50%).

Résistance à la chaleur

Il maintient ses performances de coupe à des températures élevées de 600 °C à 1 000 °C et est particulièrement adapté à la coupe à sec ou à l'usinage des alliages à haute température. Sa stabilité thermique est 2 à 3 fois supérieure à celle du HSS (coefficient de dilatation thermique de seulement $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$).

Vitesse de coupe (Vc):

Acier : 100-300 m/min, la valeur recommandée est ajustée en fonction de la dureté du type d'acier (par exemple 200 m/min pour l'acier 45#, 120 m/min pour l'acier trempé HRC 45).

Fonte : 150-400 m/min, fonte grise : 250 m/min, fonte ductile : 180 m/min, fonte réfractaire : 150 m/min.

Alliage d'aluminium : 200-600 m/min, aluminium pur : 500 m/min, alliage aluminium-silicium : 300 m/min, alliage aluminium-cuivre : 400 m/min.

Vitesse d'avance (fz)

0,05-0,5 mm/dent. Pour les matériaux tendres (comme l'aluminium), une valeur de 0,3-0,5 mm/dent est recommandée. Pour les matériaux durs (comme l'acier trempé), une valeur de 0,05-0,1 mm/dent est recommandée. La valeur spécifique doit être optimisée en fonction de la puissance de la machine ($\geq 2 \text{ kW}$) et de la rigidité de la pièce.

Profondeur de coupe (ap) : 0,5-5 mm, 0,5-2 mm pour les outils de petit diamètre ($D < 10 \text{ mm}$), 3-5 mm pour les outils de grand diamètre ($D > 20 \text{ mm}$), une profondeur de coupe excessive ($> 1,5$ fois le diamètre de l'outil) peut provoquer des vibrations.

Tolérance : Tolérance de diamètre $\pm 0,01 \text{ mm}$ (qualité IT6), tolérance de longueur $\pm 0,3 \text{ mm}$, tolérance de conicité $\pm 0,01 \text{ mm}/100 \text{ mm}$, garantissant la précision du traitement (erreur de circularité $< 0,005 \text{ mm}$).

Rugosité de surface : Ra de la surface de la pièce peut atteindre 0,1 à 0,8 micron dans des conditions de finition et 1,6 à 3,2 microns dans des conditions d'ébauche, en fonction des paramètres de coupe (combinaison Vc /fz/ap) et de l'état de l'outil.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(6) Scénarios d'application des fraises en carbure

Les fraises en carbure excellent dans de nombreux domaines industriels grâce à leur polyvalence et à leurs hautes performances. Exemples d'applications spécifiques :

Fabrication de moules

Utilisées pour l'usinage de cavités de moules de précision et de surfaces complexes, telles que les moules d'emboutissage automobile (profondeur de 50 à 100 mm) et les moules d'injection plastique (rayon de courbure de 5 à 20 mm), les fraises à boulets sont particulièrement adaptées à l'usinage fin des zones de transition de surface (erreur < 0,01 mm).

Aérospatial

Lors du traitement de pièces en alliage de titane, en alliage à base de nickel et en composite, telles que les nervures d'ailes d'avion (épaisseur 5-15 mm) et les pales de moteur (surface Ra < 0,4 micron), des modèles de revêtement à haute résistance à la chaleur (tels que Al_2O_3) sont nécessaires.

Usinage

Pour la production d'engrenages (module 1-5), de boîtiers de roulement (diamètre 50-200 mm) et de connecteurs (profondeur de trou 20-50 mm), les fraises plates sont extrêmement efficaces dans le fraisage de rainures et le fraisage latéral (augmentation de l'efficacité de 30%).

Travail du bois et matériaux composites

Des types de revêtements spécifiques (par exemple TiN) conviennent au bois, au MDF (panneau de fibres à densité moyenne) et à la fibre de carbone (épaisseur 2 à 10 mm) et réduisent la déchirure du matériau (taux de déchirure < 5 %).

Prenons l'exemple de l'usinage de l'acier 45# : une fraise de 12 mm de diamètre, à 4 arêtes et avec un angle d'hélice de 30°, est sélectionnée. La vitesse de coupe est de 200 m/min, l'avance de 0,2 mm/dent et la profondeur de coupe de 2 mm. Le rainurage est efficace (rendement d'usinage : 150 cm³/min), la durée de vie prévue peut atteindre 20 heures et le Ra de la surface de la pièce après usinage est d'environ 0,4 micron.

(7) Précautions d'emploi des fraises en carbure

Afin de tirer pleinement parti des performances des fraises en carbure et de prolonger leur durée de vie, les détails suivants doivent être pris en compte :

Sélection de la machine

Il est recommandé d'utiliser des machines-outils CNC (telles que des centres d'usinage CNC) ou des fraiseuses avec une bonne rigidité, de s'assurer que le faux-rond de la broche est inférieur à 0,01 mm, que la puissance de la machine doit correspondre au diamètre de l'outil et aux paramètres de coupe (par exemple, un outil de 12 mm de diamètre nécessite une puissance de broche $\geq 2,5$ kW et un couple ≥ 30 Nm), et de vérifier la précision du guidage de la machine (rectitude < 0,02 mm/m).

Refroidissement et lubrification

Il est recommandé d'utiliser une émulsion ou une huile de coupe avec un débit de 10 à 20 L/min. Lorsque la vitesse de coupe est supérieure à 300 m/min, un refroidissement haute pression (pression ≥ 5 bar, débit ≥ 15 L/min) est nécessaire pour réduire la température de la zone de coupe (< 500 °C) et limiter la déformation thermique.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Optimisation des paramètres de coupe

Ajustez la vitesse de coupe et l'avance en fonction du matériau de la pièce afin d'éviter une surcharge susceptible d'entraîner une usure prématurée ou une rupture de l'outil. Par exemple, pour l'usinage de l'acier inoxydable, la vitesse de coupe doit être réglée entre 120 et 180 m/min, l'avance entre 0,08 et 0,12 mm/dent et la profondeur de coupe entre 1 et 2 mm.

Installation et étalonnage

La queue et le mandrin doivent être bien ajustés. Après l'installation, vérifiez la coaxialité à l'aide d'une sonde de réglage. L'excentricité doit être contrôlée à 0,005 mm près. La force de serrage doit être uniforme (couple de serrage de 20 à 30 Nm) afin d'éviter les vibrations dues au desserrage.

Surveillance de l'usure :

Vérifiez régulièrement l'état d'usure de la lame. Lorsque l'usure du flanc du tranchant (VB) atteint 0,3 mm ou que des entailles visibles (profondeur > 0,1 mm) apparaissent, l'outil doit être remplacé. Soyez également attentif au changement de couleur des copeaux (le bleu indique une surchauffe et la valeur Vc doit être réduite de 10 à 20 %).

(8) Avantages des fraises en carbure

Dureté élevée (3 à 4 fois supérieure à celle de l'acier rapide), peut traiter l'acier trempé au-dessus de HRC 60 et sa résistance à l'usure est 3 à 5 fois supérieure à celle du HSS.

Il présente une forte résistance à l'usure et sa durée de vie est 2 à 5 fois plus longue que celle du HSS, notamment en coupe continue (> 10 heures).

Convient pour la découpe à grande vitesse (Vc jusqu'à 600 m/min), améliorant considérablement l'efficacité de la production (efficacité augmentée de 40 à 60 %).

Conception personnalisable, l'angle d'hélice, le nombre d'arêtes et le revêtement peuvent être ajustés en fonction des besoins du client.

(9) Marché et développement des fraises en carbure

Le marché des fraises en carbure poursuit sa croissance grâce à la promotion de l'Industrie 4.0 et de la fabrication intelligente. Les tendances de développement futures incluent :

Fabrication verte

Adopter des matériaux recyclables (ex : taux de récupération du cobalt > 80%) et des procédés de revêtement à faible impact environnemental (émissions de carbone réduites de 20%).

Intelligent

Des capteurs intégrés surveillent l'usure de l'outil (détection en temps réel de la valeur VB) et optimisent les paramètres de coupe grâce à l'IA (efficacité augmentée de 10 à 15 %).

Miniaturisation

Développer des micro-fraises d'un diamètre inférieur à 1 mm (précision < 0,005 mm) pour répondre aux besoins d'usinage de la microélectronique (packaging de puces) et des dispositifs médicaux (implants orthopédiques).

(10) Modèles de produits spécifiques recommandés de fraises en carbure

Selon les différentes exigences de traitement, voici quelques modèles de fraises en carbure recommandés pour référence utilisateur :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fraises à queue plate en carbure

Spécifications : diamètre 12 mm, 4 bords, angle d'hélice 30°, longueur totale 100 mm, longueur de coupe effective 40 mm, diamètre de la tige 12 mm.

Matériau : YG6, TiN revêtement .

Scénarios applicables : traitement de l'acier 45#, de la fonte, du fraisage de rainures et du fraisage latéral.

Paramètres recommandés : Vc 200 m/min, fz 0,2 mm/dent, ap 2 mm, durée de vie environ 20 heures.

Avantages : rapport qualité -prix élevé , adapté à la production en petites et moyennes séries, les marques nationales ont une forte fiabilité.

Fraises à bout sphérique en carbure

Spécifications : diamètre 16 mm, rayon de la tête sphérique 8 mm, 4 cannelures, angle d'hélice 35°, longueur totale 120 mm, longueur de coupe effective 50 mm, diamètre de la tige conique 20 mm.

Matériau : YW2, revêtu de TiCN .

Scénarios applicables : Traitement des surfaces des alliages de titane et des pièces d'aviation.

Paramètres recommandés : Vc 150 m/min, fz 0,1 mm/dent, ap 1,5 mm, durée de vie environ 25 heures.

Avantages : Haute résistance à la chaleur, adapté aux finitions de surface complexes, assurance qualité de marque internationale.

Fraises à bord ondulé en carbure

Spécifications : Diamètre 10 mm, 3 bords, angle d'hélice 40°, longueur totale 90 mm, longueur de coupe effective 30 mm, diamètre de la tige 10 mm.

: YT15, recouvert d' Al₂O₃ .

Scénarios applicables : Usinage d'acier trempé (HRC 50-60), découpe à grande vitesse.

Paramètres recommandés : Vc 120 m/min, fz 0,08 mm/dent, ap 1 mm, durée de vie environ 15 heures.

Avantages : Bon effet de réduction des vibrations, réduisant les vibrations de traitement de 50 %, adapté aux exigences de haute précision.

(11) Optimisation des solutions d'usinage des fraises en carbure

Afin de maximiser les performances des fraises en carbure, les solutions de traitement suivantes sont optimisées pour différents matériaux de pièces :

Traitement de l'acier 45# (acier à teneur moyenne en carbone, HRC 20-25) Solution d'optimisation :

Vitesse de coupe : 200 m/min (vitesse de broche environ 5300 tr/min, D=12 mm).

Vitesse d'avance : 0,2 mm/dent (vitesse d'avance 1200 mm/min).

Profondeur de coupe : 2 mm, avance transversale 0,5 mm/fois.

Refroidissement : Utiliser une émulsion à 5%, débit 15 L/min.

Machine outil : Centre d'usinage CNC, puissance de broche 3 kW.

Résultats : Rendement d'usinage 150 cm³/min, surface Ra 0,4 microns, durée de vie de l'outil 20

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

heures.

Suggestions d'optimisation : Vérifiez l'usure de la lame toutes les 10 heures de travail et réduisez la profondeur de coupe à 1,5 mm si nécessaire pour prolonger sa durée de vie (la durée de vie peut être prolongée de 5 heures). Utilisez la stratégie d'avance en spirale à hauteur constante pour réduire les forces inégales exercées sur l'outil.

Solution d'optimisation pour l'usinage de l'alliage de titane (Ti-6Al-4V, HRC 30-35) :

Vitesse de coupe : 150 m/min (vitesse de broche environ 3000 tr/min, D=16 mm).

Vitesse d'avance : 0,1 mm/dent (vitesse d'avance 600 mm/min).

Profondeur de coupe : 1,5 mm, avance transversale 0,3 mm/fois.

Refroidissement : Refroidissement haute pression (6 bar, 20 L/min) avec liquide de coupe synthétique.

Machine-outil : Centre d'usinage cinq axes, puissance de broche 5 kW.

Résultats : Rendement d'usinage 80 cm³/min, surface Ra 0,3 micron, durée de vie de l'outil 25 heures.

Suggestion d'optimisation : utilisez une stratégie de coupe intermittente (soulevez l'outil tous les 0,5 mm de profondeur de coupe), réduisez l'accumulation de chaleur (température < 600 °C) et remplacez le liquide de refroidissement toutes les 5 heures pour maintenir l'effet de refroidissement.

Usinage de l'acier trempé (HRC 50-60) Solution d'optimisation :

Vitesse de coupe : 120 m/min (vitesse de broche environ 3800 tr/min, D=10 mm).

Vitesse d'avance : 0,08 mm/dent (vitesse d'avance 300 mm/min).

Profondeur de coupe : 1 mm, avance transversale 0,2 mm/fois.

Refroidissement : Coupe à sec ou lubrification en quantité minimale (MQL, débit 0,1 mL/min).

Machine outil : Fraiseuse verticale haute rigidité, puissance de broche 2,5 kW.

Résultats : Rendement d'usinage 50 cm³/min, surface Ra 0,6 microns, durée de vie de l'outil 15 heures.

Suggestions d'optimisation : Réduire la vitesse de la broche de 10 % (Vc 108 m/min) pour réduire les vibrations (amplitude de vibration < 0,01 mm), nettoyer les copeaux régulièrement (une fois toutes les 30 minutes) et préchauffer la machine-outil pendant 5 minutes avant la coupe pour stabiliser la rigidité.

Grâce à leurs excellentes performances de coupe, leur polyvalence et leur grande adaptabilité, les fraises en carbure sont devenues des outils incontournables de l'usinage moderne. Qu'il s'agisse d'usinages de surface complexes de moules de précision ou de production de grandes quantités de pièces métalliques, elles offrent des solutions efficaces et stables. En choisissant le bon modèle, en optimisant les paramètres de coupe (par exemple, Vc 200 m/min, fz 0,2 mm/dent) et en combinant des méthodes d'utilisation et de maintenance adaptées, les utilisateurs peuvent optimiser leurs performances et prolonger considérablement leur durée de vie.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de

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'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries.
Pour tous vos besoins en fraises en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous
fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions
exclusives :

📞 Tél : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à surfacer en carbure ?

Définition et fonction de la fraise à surfacer en carbure

La fraise à surfacer en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour l'usinage plan à haut rendement. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, la production de pièces mécaniques et d'autres secteurs industriels nécessitant l'usinage de grandes surfaces. Outil de coupe multi-arêtes, sa fonction principale est d'obtenir un enlèvement de matière rapide et uniforme grâce à l'action simultanée de plusieurs arêtes de coupe sur la surface de la pièce, permettant ainsi de réaliser efficacement des tâches telles que le fraisage plan, l'usinage par paliers, la finition de surface et l'usinage de contours de grande largeur. Comparées aux outils traditionnels à une ou plusieurs arêtes, les fraises à surfacer en carbure améliorent considérablement l'efficacité de coupe, réduisent la charge sur une arête et prolongent la durée de vie de l'outil grâce à leur conception multi-arêtes. Le carbure cémenté, matériau principal, confère aux fraises à surfacer une dureté ultra-élevée (atteignant généralement HV 1600-1900) et une résistance à l'usure élevées, leur permettant de répondre aux exigences de coupe de matériaux à haute résistance tels que l'acier inoxydable, les alliages de titane, l'acier trempé, la fonte et d'autres matériaux difficiles à usiner. De plus, les fraises à surfacer en carbure sont généralement utilisées avec des machines-outils CNC modernes, des centres d'usinage ou des fraiseuses de grande taille, qui peuvent exploiter pleinement leurs performances à grande vitesse (jusqu'à 8 000 tr/min) et à grande avance (jusqu'à 5 000 mm/min). En production industrielle, les fraises à surfacer en carbure sont considérées comme des outils essentiels pour améliorer l'efficacité de l'usinage, optimiser la qualité de surface et réduire les coûts de production, notamment dans les secteurs à forte demande tels que les pièces automobiles, les composants aérospatiaux, la fabrication d'équipements énergétiques et l'usinage de précision des moules. Elles jouent un rôle irremplaçable. Leur flexibilité de conception permet également une personnalisation en fonction des matériaux et des procédés d'usinage spécifiques des pièces, par exemple en ajustant l'angle de coupe ou le nombre d'arêtes pour répondre à divers besoins d'usinage.

Caractéristiques structurelles de la fraise à surfacer en carbure

La conception structurelle des fraises à surfacer en carbure est à la base de leurs hautes performances. Elles adoptent généralement des corps de fraise en forme de disque ou polygonaux, avec des arêtes de coupe réparties sur leur circonférence et leurs faces frontales, privilégiant la rigidité, l'équilibre et le contrôle des copeaux. Les paramètres structurels de la fraise sont calculés et optimisés avec précision pour garantir sa stabilité lors des rotations à grande vitesse et des coupes sous fortes charges. Ses principales caractéristiques structurelles sont les suivantes :

Diamètre (D)

La gamme s'étend de 50 mm à 400 mm, couvrant les besoins d'usinage des petites pièces (comme les culasses automobiles, d'une surface de 0,5 m²) aux grandes plaques (comme les bases de pales d'éoliennes, d'une surface de 2 à 4 m²). Plus le diamètre est grand, plus la largeur de coupe et le taux d'enlèvement de matière sont élevés, mais les exigences de rigidité de la machine-outil augmentent également en conséquence.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Largeur de coupe

Elle peut atteindre 70 à 100 % du diamètre de l'outil, selon le nombre d'arêtes et la conception de la tête de coupe. Par exemple, une fraise à surfacer de 200 mm de diamètre peut atteindre une largeur de coupe effective de 150 à 200 mm, ce qui est idéal pour l'usinage de grandes surfaces planes.

Forme de poignée

Il s'agit notamment de porte-outils à queue cylindrique (diamètre 20-50 mm), à queue conique (cône 7:24, tailles comprises entre 16 mm et 80 mm) ou de porte-outils modulaires (systèmes KM ou HSK, par exemple). La conception à queue conique offre un couple de serrage plus élevé (jusqu'à 1 000 Nm) pour les coupes intensives, tandis que les porte-outils modulaires facilitent le remplacement et la maintenance.

Nombre de lames

4 à 20 arêtes de coupe, ajustées en fonction du diamètre de l'outil et des exigences d'usinage. Les petits diamètres ($D < 100$ mm) comportent généralement 4 à 8 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 150$ mm) peuvent en comporter 10 à 20. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité de coupe (augmentation de 20 à 40 %), mais il est nécessaire de garantir l'adéquation entre la puissance et la rigidité de la broche de la machine-outil.

Angle de coupe

L'angle de coupe est de 5° à 15° (un angle de coupe positif optimise la force de coupe) et l'angle arrière est de 5° à 10° (réduit l'usure de l'outil arrière). L'angle de coupe est ajusté en fonction du matériau de la pièce. Par exemple, l'angle de coupe peut être de 12° à 15° pour l'usinage d'alliages d'aluminium et de 5° à 8° pour l'usinage d'acier.

Type de corps

Il existe deux types de fraises : la fraise intégrale (lame et corps de fraise sont formés d'un seul tenant, d'un diamètre de 50 à 150 mm) et la fraise remplaçable (corps de fraise en acier et équipé de lames en carbure, d'un diamètre de 150 à 400 mm). La fraise intégrale est adaptée aux petites et moyennes usinages, tandis que la fraise remplaçable est pratique pour le remplacement des lames et réduit les coûts d'utilisation à long terme.

Le tranchant de l'outil est rectifié avec précision en plusieurs passes (précision de $\pm 0,005$ mm) pour garantir l'affûtage et la régularité de l'arête de coupe (rugosité de l'arête $Ra \leq 0,1$ micron). Le corps de l'outil est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 10 g·mm /kg) pour réduire les vibrations à grande vitesse (amplitude de vibration $< 0,01$ mm). De plus, les fraises à surfacer modernes peuvent également intégrer des canaux de refroidissement ou des rainures à copeaux pour optimiser l'évacuation des copeaux et la gestion thermique.

Matériaux et fabrication de fraises à surfacer en carbure

Les excellentes performances des fraises à surfacer en carbure cimenté sont dues à la haute qualité de leurs matériaux et à la complexité de leurs procédés de fabrication. La matrice est généralement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), fritté par métallurgie des poudres. Le carbure de tungstène offre une dureté et une résistance à l'usure élevées, le cobalt, en tant que phase de liaison, améliore la ténacité, et la formule et la granulométrie (0,5 à 2 microns) influencent directement les performances de l'outil. Les nuances courantes de carbure cimenté comprennent :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG8 : Teneur en cobalt : 8 %, dureté : HV 1700-1800, résistance à la flexion : 2000-2200 MPa. Convient à l'usinage de la fonte (HT250, HB 180-220), des métaux non ferreux (aluminium, cuivre, HB 50-100) et de certains matériaux de dureté moyenne (HB 200-300). Largement utilisé pour l'usinage d'ébauche grâce à sa bonne résistance aux chocs.

YC40 : Teneur en cobalt 10 %, dureté HV 1600-1700, résistance à la flexion 2200-2400 MPa, adapté au traitement de l'acier (tel que l'acier 45#, HRC 20-25) et de l'acier inoxydable (tel que 304, HRC 15-20), et reste stable à haute température (au-dessus de 600°C).

YW1 : Contient du carbure de tantale (TaC) et du carbure de niobium (NbC), dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1900-2100 MPa, spécialement conçu pour les alliages haute température (tels que Inconel 718, HRC 35-40) et les alliages de titane (tels que Ti-6Al-4V, HRC 30-35), résistance à la chaleur jusqu'à 900°C.

Le processus de fabrication est divisé en plusieurs étapes précises :

Préparation des matières premières : La poudre de carbure de tungstène de haute pureté et la poudre de cobalt sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), et une petite quantité d'éléments de terres rares (tels que Ce, Y) sont ajoutées pour optimiser la microstructure.

Pressage : En utilisant une presse hydraulique pour appliquer une pression de 100 à 200 MPa, le corps de coupe ou l'ébauche de lame est formé pour assurer une densité de 14,5 à 15 g/cm³.

Frittage à haute température : Dans un four de frittage sous vide ou protégé par de l'hydrogène, la température est contrôlée à 1400°C-1500°C pendant 8 à 12 heures pour éliminer les pores et former une structure dense.

Post-traitement : Après frittage, l'ébauche est soumise à un tournage (voile externe < 0,01 mm), une rectification (Ra de surface $\leq 0,2$ micron) et un polissage (Ra d'arête $\leq 0,1$ micron). Le corps de l'outil doit également être équilibré dynamiquement.

Pour améliorer encore les performances, les surfaces des outils sont souvent revêtues, déposées par des procédés PVD ou CVD :

TiAlN (nitrure de titane et d'aluminium) : épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV, résistance à la chaleur jusqu'à 900°C, excellente résistance à l'oxydation, adapté à la coupe à sec.

CrN (nitrure de chrome) : épaisseur 2-5 microns, dureté 2500-2800 HV, coefficient de frottement < 0,3, forte anti-adhérence, particulièrement adapté au traitement des alliages d'aluminium.

Revêtement multicouche : combinaison TiN + Al₂O₃ + TiCN , épaisseur 5-12 microns, dureté globale supérieure à 3000 HV, résistance à l'usure et à la chaleur, adapté au traitement multi-matériaux.

Ces revêtements réduisent considérablement la friction (réduction de 20 à 30 %), améliorent la durée de vie de l'outil (50 à 100 % plus longue que celle des revêtements non revêtus) et fonctionnent bien dans la coupe à grande vitesse (Vc > 300 m/min) ou la coupe intermittente.

Types de fraises à surfacer en carbure

En fonction de leur structure et de leur fonction, les fraises à surfacer en carbure peuvent être subdivisées en types suivants, chacun optimisé pour des besoins d'usinage spécifiques :

Fraise à surfacer en carbure monobloc

La lame et le corps de coupe sont formés d'un seul tenant, avec un diamètre de 50 à 150 mm, adaptés à l'usinage de surfaces planes de petite et moyenne taille (comme les culasses automobiles, d'une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

surface de 0,5 m²) . Ses avantages sont sa structure compacte, sa facilité d'installation et sa compatibilité avec la production en petites et moyennes séries. Cependant, l'outil doit être remplacé dans son intégralité après usure.

Fraise à surfacer à lame remplaçable

Le corps de la fraise est en acier haute résistance (tel que 40CrMo, HB 250-300), équipé de lames en carbure de 150 à 400 mm de diamètre, adaptées à la découpe de grandes surfaces (comme la base d'une pale d'éolienne, d'une superficie de 2 à 4 m²) . Les lames sont remplaçables individuellement, réduisant ainsi les coûts d'utilisation à long terme. La tête de coupe est conçue pour prendre en charge différents angles de coupe (0°-15°).

Fraise à surfacer d'ébauche

des bords est de 4 à 8, la profondeur de coupe peut atteindre 5 à 10 mm, l'accent est mis sur l'élimination de grandes quantités de matière (comme les ébauches en fonte , volume de coupe 500 cm³ / min), et l'angle arrière de la lame est grand (10°-15°) pour réduire les forces de coupe.

Fraise à surfacer de finition

La largeur des arêtes est de 10 à 20, la profondeur de coupe est de 1 à 3 mm et la finition de surface est soignée (Ra 0,4 à 0,8 micron). L'angle de coupe de la lame est faible (5 à 8°) pour une meilleure précision. Elle est largement utilisée pour l'usinage des fonds de moules.

Fraise à chants ondulés

La lame ondulée présente une amplitude de 0,2 à 0,4 mm et une longueur d'onde de 3 à 6 mm. Elle réduit les vibrations en dispersant la force de coupe (l'amplitude est réduite de 40 à 60 %) et convient aux pièces à parois minces (comme les revêtements en alliage d'aluminium de 5 à 10 mm d'épaisseur) ou à l'usinage de haute précision.

Paramètres techniques de la fraise à surfacer en carbure

Les paramètres de performance des fraises à surfacer en carbure varient selon le modèle et l'application. Voici les valeurs typiques détaillées à titre de référence et d'optimisation :

Dureté : La dureté du substrat varie de HV 1600 à 1900, et la dureté de la surface après revêtement peut atteindre plus de 3000 HV, ce qui est bien supérieur à celui de l'acier rapide (HV 800 à 900), garantissant une résistance à l'usure sous des charges élevées (taux d'usure réduit de 60%).

Résistance à la chaleur : il maintient ses performances de coupe à des températures élevées de 600 °C à 1 000 °C. Sa stabilité thermique est 2 à 3 fois supérieure à celle du HSS (coefficient de dilatation thermique de $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), ce qui le rend idéal pour la coupe à sec ou l'usinage d'alliages à haute température.

Vitesse de coupe (Vc):

Acier : 150-300 m/min, acier 45# : 200 m/min, acier trempé HRC 40 : 120 m/min.

Fonte : 200-400 m/min, fonte grise : 250 m/min, fonte ductile : 180 m/min.

Alliage d'aluminium : 300-800 m/min, aluminium pur : 600 m/min, alliage aluminium silicium : 350 m/min.

Vitesse d'avance (fz) : 0,1-0,5 mm/dent, 0,3-0,5 mm/dent pour l'ébauche (vitesse d'avance 3000-5000 mm/min), 0,1-0,2 mm/dent pour la finition (vitesse d'avance 1000-2000 mm/min).

Profondeur de coupe (ap) : 1-10 mm, ébauche 5-10 mm (débit d'enlèvement de matière 500-1000 cm³/min), finition 1-3 mm (précision $\pm 0,01$ mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tolérance : Tolérance de diamètre $\pm 0,02$ mm (nuance IT6), planéité $< 0,01$ mm, verticalité $< 0,015$ mm.

Rugosité de surface : Finition Ra 0,4-0,8 microns, ébauche Ra 1,6-3,2 microns, selon les paramètres de coupe et l'état de l'outil (le nouveau Ra du bord peut atteindre 0,2 microns).

Scénarios d'application des fraises à surfacer en carbure

Les fraises à surfacer en carbure sont très performantes dans de nombreux secteurs industriels grâce à leur rendement élevé et à leurs capacités d'usinage sur de grandes surfaces. Parmi les applications spécifiques, on peut citer :

Industrie automobile : Usinage de blocs-cylindres et de surfaces de culasses (surface 0,5-2 m²), vitesse de coupe 200-300 m/min, rendement 200-500 cm³/min, surface Ra $< 1,6$ microns, assurant l'étanchéité.

Aérospatiale : Fraisage de peau en alliage d'aluminium (épaisseur 5-20 mm), vitesse de coupe 400-600 m/min, surface Ra $< 0,6$ micron, répondant aux exigences de planéité de qualité aéronautique (planéité $< 0,02$ mm).

Equipements énergétiques : Traitement des bases de pales d'éoliennes (2-4 m de diamètre), profondeur de coupe 8-10 mm, vitesse de coupe 150-250 m/min, taux d'enlèvement de matière 800-1200 cm³/min.

de moules : Finition de la surface du fond du moule (surface 0,2-1 m²), profondeur de coupe 1-2 mm, vitesse de coupe 150-200 m/min, planéité $< 0,005$ mm, Ra $< 0,4$ micron.

Cas réel : Une usine automobile utilise une fraise à surfacer à lame remplaçable de 250 mm de diamètre et 12 arêtes pour usiner le plan de culasse, Vc 250 m/min, fz 0,4 mm/dent, ap 6 mm, efficacité d'usinage de 400 cm³/min, surface Ra 1,2 microns et durée de vie de l'outil de 50 heures.

Précautions d'emploi des fraises à surfacer en carbure

Afin de tirer pleinement parti des performances des fraises à surfacer en carbure et de prolonger leur durée de vie, les détails suivants doivent être pris en compte :

Rigidité des machines-outils : Des machines-outils à haute rigidité sont nécessaires (rigidité de la broche $> 3\,000$ N/ μ m, rigidité du lit $> 5\,000$ N/ μ m), un faux-rond de la broche $< 0,01$ mm et une précision du rail de guidage de la machine-outil (rectitude $< 0,02$ mm/m) affectent directement la qualité de l'usinage.

Refroidissement et lubrification : Il est recommandé d'utiliser un fluide de coupe (par exemple, une émulsion à 5-10 %) ou une huile synthétique avec un débit de 20 à 50 L/min. Lorsque la vitesse de coupe est supérieure à 300 m/min, un refroidissement haute pression (pression de 5 à 10 bars, débit ≥ 20 L/min) est nécessaire pour réduire la température de la zone de coupe (< 500 °C).

Réglage des paramètres de coupe : Ébauche Vc 200-300 m/min, ap 5-10 mm, fz 0,3-0,5 mm/dent ; Finition Vc 150-200 m/min, ap 1-3 mm, fz 0,1-0,2 mm/dent. Les paramètres doivent être optimisés en fonction du matériau de la pièce et de la puissance de la machine (par exemple, puissance de broche ≥ 10 kW).

Installation et étalonnage : Assurez-vous que l'outil est coaxial avec la broche, utilisez une sonde de réglage d'outil pour étalonner, excentricité $< 0,005$ mm, couple de serrage 30-50 Nm (ajusté en fonction du poids de l'outil) pour éviter les vibrations causées par le desserrage.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Contrôle de l'usure : Vérifiez régulièrement l'état d'usure de la lame. Remplacez la plaquette/l'outil lorsque l'usure du tranchant VB atteint 0,4 mm ou qu'un écaillage se produit (profondeur > 0,1 mm). Soyez attentif à la couleur des copeaux (le bleu indique une surchauffe et une réduction de Vc de 10 à 15 %) et à leur forme (des copeaux longs et ondulés indiquent des paramètres appropriés).

Avantages de la fraise à surfacer en carbure

Haute efficacité (2 à 3 fois supérieure à celle des fraises) , forte capacité de traitement sur de grandes surfaces, 500 à 1 000 cm³ de matériau peuvent être retirés en une seule coupe.

Longue durée de vie (50 à 100 heures, selon le revêtement et les conditions de travail), 3 à 5 fois plus longue que les fraises à surfacer HSS.

La qualité de surface est excellente et le Ra de finition peut atteindre 0,4 micron, répondant ainsi aux exigences de haute précision.

La conception de la lame remplaçable réduit les coûts de maintenance et le temps de remplacement de la lame est inférieur à 5 minutes.

Les fraises à surfacer en carbure présentent également des limites. Elles sont coûteuses et nécessitent un investissement initial important, ce qui les rend adaptées à la production en série . Elles imposent des exigences élevées aux machines-outils (puissance ≥ 10 kW, rigidité $> 3\,000$ N/ μ m) et sont difficiles à supporter par des machines- outils ordinaires. Elles ne sont pas adaptées aux surfaces courbes complexes ni à l'usinage de cavités profondes, et leur champ d'application est limité (profondeur de coupe < 10 mm).

Marché et développement des fraises à surfacer en carbure

Outils intelligents

Des capteurs intégrés surveillent la force de coupe (plage de 0 à 5 000 N) et la température ($< 1\,000$ °C), et l'IA optimise les paramètres pour augmenter l'efficacité de 10 à 15 %.

Technologie environnementale

En adoptant une formule à faible teneur en cobalt (teneur en Co < 6 %) et un procédé de revêtement recyclable, les émissions de carbone sont réduites de 20 à 30 %.

Développement de grand diamètre

Lancement de fraises à surfacer extra-larges de 400 à 600 mm adaptées aux industries de l'énergie éolienne et de la construction navale, avec une largeur de coupe allant jusqu'à 500 mm.

Différence entre une fraise à surfacer en carbure et une fraise à queue en carbure

Il existe des différences significatives entre les fraises à surfacer en carbure et les fraises en bout en termes de conception et d'application :

Méthode de coupe : Les fraises à surfacer se concentrent sur l'usinage à plat de grandes surfaces (largeur de coupe jusqu'à 70 % à 100 % du diamètre), les fraises en bout sont principalement utilisées pour les fentes, les côtés et les surfaces courbes complexes (profondeur de coupe jusqu'à 150 mm).

Lames : Les fraises à surfacer ont plus de lames (4 à 20) et répartissent la charge de coupe ; les fraises en bout ont moins de lames (2 à 10) et conviennent à l'usinage fin.

Scénarios d'application : les fraises à surfacer sont utilisées pour les plans et les marches (tels que les plans cylindriques), et les fraises en bout sont utilisées pour les trous profonds et les surfaces 3D

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(telles que les cavités de moules).

Structure : Les fraises à surfacer sont généralement en forme de disque ou ont des plaquettes remplaçables, tandis que les fraises en bout sont à tige droite ou à tête sphérique.

Efficacité et précision : Les fraises à surfacer ont une efficacité élevée (500-1000 cm³/min) et une précision moyenne (Ra 0,4-1,6 microns) ; les fraises en bout ont une faible efficacité (50-200 cm³/min) et une précision élevée (Ra 0,1-0,8 microns).

Les fraises à surfacer en carbure sont idéales pour un usinage plan efficace. Leurs hautes performances, leur polyvalence et leur grande capacité de coupe répondent aux exigences de l'industrie moderne en matière d'efficacité et de qualité. L'efficacité de la production peut être considérablement améliorée par l'optimisation des paramètres de coupe (par exemple, Vc 250 m/min, ap 6 mm) et une maintenance adaptée (par exemple, le remplacement régulier des plaquettes).

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à boulets en carbure ?

Définition et fonction de la fraise à boulets en carbure

Les fraises boules en carbure sont des outils de coupe rotatifs polyvalents et de haute précision, largement utilisés dans la métallurgie, la fabrication de moules, l'aéronautique et d'autres secteurs industriels nécessitant un usinage de surface complexe. Leur particularité réside dans la forme sphérique de leur extrémité coupante (extrémité sphérique), qui permet une coupe en douceur, particulièrement adaptée à l'usinage de surfaces tridimensionnelles, de chanfreins et de géométries complexes. Utilisant le carbure comme matériau de base, les fraises boules en carbure, combinées à leur dureté élevée (HV 1800-2100) et à leur résistance à l'usure, permettent d'usiner efficacement des matériaux à haute résistance tels que l'acier inoxydable, les alliages de titane, l'acier trempé et les matériaux composites. Leurs fonctions ne se limitent pas à l'usinage de surface : elles permettent également le fraisage latéral, le rainurage et le contournage, notamment dans les applications exigeant une qualité de surface élevée et une grande précision géométrique. Les fraises boules en carbure sont généralement utilisées avec des machines-outils à commande numérique (CNC), des centres d'usinage cinq axes ou des machines de gravure pour exploiter pleinement leurs capacités d'usinage à grande vitesse (jusqu'à 12 000 tr/min) et à faible profondeur de coupe (0,1 à 2 mm). Dans l'industrie manufacturière moderne, notamment pour la fabrication de moules automobiles, de pièces aérospace et de dispositifs médicaux, les fraises boules en carbure sont devenues des outils indispensables grâce à leur flexibilité et leur précision. Leur conception peut également être personnalisée en fonction des matériaux et des exigences d'usinage spécifiques des pièces afin de répondre à divers besoins industriels.

Caractéristiques structurelles des fraises à boulets en carbure

La conception structurelle des fraises boules en carbure est essentielle à l'usinage efficace de surfaces courbes complexes. Elles sont généralement à queue droite ou conique, avec une extrémité de coupe hémisphérique et des lames réparties sur la surface sphérique et sa périphérie. Voici leurs principales caractéristiques structurelles :

Diamètre (D)

Allant de 1 mm à 32 mm, les micro-fraises à boulets ($D < 6$ mm) sont utilisées pour la gravure fine, et les grandes fraises à boulets ($D > 12$ mm) conviennent à l'usinage grossier des moules.

Rayon de la rotule (R)

De 0,5 mm à 16 mm, la taille du rayon affecte directement la douceur et la profondeur de coupe de l'usinage de surface, et la valeur R est généralement $D/2$.

Longueur totale (L)

50 mm à 200 mm, adapté à différentes longueurs de broche de machine-outil et profondeurs de pièce, et le type extra-long peut atteindre 250 mm.

Longueur de coupe effective (l)

De 5 mm à 100 mm, détermine la profondeur de coupe maximale de l'outil dans la pièce, et le

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

traitement des cavités profondes peut être personnalisé jusqu'à 150 mm.

Diamètre de la tige (d)

L'adaptation du diamètre de coupe, allant de 3 mm à 32 mm, avec un degré de tolérance h6 (0/-0,006 mm), garantit la précision du serrage.

Angle d'hélice

15°-45°, la valeur standard est de 30°, ce qui affecte l'évacuation des copeaux et la stabilité de coupe, et 35°-40° est couramment utilisé pour la finition (le taux d'évacuation des copeaux augmente de 15%).

Nombre de lames

arêtes de coupe . Les petits diamètres ($D < 10$ mm) en comportent généralement 2 à 3, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm) en comportent 4 à 6. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite une plus grande rigidité de la machine-outil.

Le bord de la fraise sphérique est rectifié avec précision en plusieurs passes (précision $\pm 0,005$ mm) pour garantir la netteté et la régularité de l'arête de coupe (rugosité de l'arête de coupe $Ra \leq 0,1$ micron). La partie sphérique est polie avec une grande précision pour éviter les rayures pendant l'usinage. Le corps de la fraise est également équilibré dynamiquement (balourd < 5 g·mm /kg) afin de réduire les vibrations lors de la rotation à grande vitesse (amplitude $< 0,01$ mm). De plus, certains modèles intègrent des canaux de refroidissement internes pour optimiser la gestion thermique et l'évacuation des copeaux dans la zone de coupe.

Matériau de la fraise à boulets en carbure

La performance des fraises boules en carbure cimenté dépend de la qualité des matériaux utilisés et de la précision de leurs procédés de fabrication. Le matériau de base est un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), fritté par métallurgie des poudres. Le carbure de tungstène offre une dureté et une résistance à l'usure élevées, tandis que le cobalt améliore la ténacité. La formule et la granulométrie (0,5 à 2 microns) sont adaptées aux exigences de traitement. Les nuances courantes de carbure cimenté comprennent :

YG6 : Teneur en cobalt de 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient au traitement de la fonte, des métaux non ferreux (tels que l'aluminium, le cuivre) et des matériaux de dureté moyenne (tels que l'acier 45#, HRC 20-25).

YT15 : Contient du carbure de titane et du carbure de tungstène, dureté HV 1900-2000, résistance à la flexion 1600-1800 MPa, adapté à l'acier et à l'acier allié, et est stable à des températures élevées (supérieures à 700°C).

YW2 : Contient du carbure de tantale (TaC) et du carbure de niobium (NbC), dureté HV 1800-2100, résistance à la flexion 1700-1900 MPa, spécialement conçu pour les matériaux difficiles à usiner tels que les alliages de titane (Ti-6Al-4V, HRC 30-35) et les alliages à base de nickel (Inconel 718, HRC 40-45).

Procédé de fabrication des fraises à boulets en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Préparation des matières premières

La poudre de carbure de tungstène de haute pureté et la poudre de cobalt sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1\%$), et des traces d'éléments de terres rares (tels que Ce, Y) sont ajoutées pour optimiser la microstructure.

Pressage

L'ébauche du corps de l'outil est formée à l'aide d'une presse hydraulique avec une pression de 100 à 200 MPa et une densité de 14,5 à 15 g/cm³.

Frittage à haute température

Dans un four de frittage sous vide ou protégé par de l'hydrogène, la température est de 1400°C-1500°C pendant 8 à 12 heures pour éliminer les pores et former une structure dense.

Post-traitement

Après frittage, l'ébauche est tournée (voile externe $< 0,01$ mm), rectifiée (Ra de surface $\leq 0,2$ micron) et polie (Ra d'arête $\leq 0,1$ micron). La tête sphérique doit être usinée avec une rectifieuse sphérique spéciale. Pour améliorer les performances, la surface de l'outil est revêtue :

TiN (nitrure de titane)

Épaisseur 2-5 microns, dureté 2000-2500 HV, forte résistance à l'usure et à l'oxydation, convient à l'acier général.

TiCN (carbonitrure de titane)

Épaisseur 3-6 microns, dureté 2500-3000 HV, excellente anti-adhérence, convient aux alliages d'aluminium et à l'acier inoxydable.

Al₂O₃ (aluminium oxyde)

Épaisseur 5-10 microns, dureté 3000 HV, résistance à la chaleur jusqu'à 1000°C, spécialement conçu pour les alliages haute température.

Le revêtement est déposé par procédé PVD ou CVD, réduisant le frottement (coefficient $< 0,3$) et prolongeant la durée de vie (50 à 100 % supérieure à celle du non revêtu), notamment lors de la découpe à grande vitesse ($V_c > 300$ m/min).

Types de fraises à boulets en carbure

En fonction de la conception et de l'utilisation, les fraises à boulets en carbure peuvent être divisées en types suivants :

Fraises à boulets standard

Le nombre de lames est de 2 à 4, l'angle d'hélice de 30° et le diamètre de 6 à 20 mm. Il est adapté au traitement de surface général (comme les cavités de moules).

Fraises à boulets d'ébauche

des bords est de 2 à 3, la profondeur de coupe est de 2 à 5 mm et l'accent est mis sur l'élimination de la matière, ce qui convient à l'étape de traitement initiale.

Fraise à boulets de finition

bords : 4-6, profondeur de coupe : 0,1-2 mm, accent sur la qualité de surface (Ra 0,1-0,4 μ m), utilisé pour la finition.

Fraise à tête sphérique à long col

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La longueur de coupe effective est de 50 à 150 mm, la tige est fine et convient au traitement des cavités profondes (comme le bloc-cylindres du moteur).

Micro-fraises à boulets

Diamètre 1-6 mm, nombre d'arêtes 2, précision $\pm 0,005$ mm, spécialement conçu pour la microélectronique et les dispositifs médicaux.

Paramètres techniques des fraises à boulets en carbure

Les paramètres de performance varient selon le modèle, les valeurs typiques sont les suivantes :
Dureté : substrat HV 1800-2100, le revêtement atteint 3000 HV, la résistance à l'usure est meilleure que le HSS (HV 800-900).

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C, la stabilité thermique est 2 à 3 fois supérieure à celle du HSS.

Vitesse de coupe (V_c):

Acier : 100-250 m/min (200 m/min pour l'acier 45#).

Alliage de titane : 50-150 m/min (Ti-6Al-4V prend 100 m/min).

Alliage d'aluminium : 200-500 m/min (aluminium pur : 400 m/min).

Vitesse d'avance (f_z) : 0,05-0,3 mm/dent, finition 0,05-0,1 mm/dent.

Profondeur de coupe (a_p) : 0,1-5 mm, finition 0,1-2 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm (nuance IT6), circularité des billes $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : R_a 0,1-0,8 microns, la finition fine peut atteindre 0,1 micron.

Scénarios d'application des fraises à boulets en carbure

de moules : Traitement de surfaces de moules automobiles (courbure 5-20 mm), $R_a < 0,4$ microns.

Aéronautique : Fraisage de pales en alliage de titane (épaisseur 5-15 mm), planéité $< 0,01$ mm.

Dispositifs médicaux : Gravure d'implants orthopédiques (diamètre 10-50 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Industrie électronique : Traitement de cavités de circuits imprimés (profondeur 5-20 mm), $R_a < 0,2$ micron.

Précautions d'emploi des fraises à boulets en carbure

Machine-outil : CNC cinq axes, faux-rond $< 0,01$ mm, puissance de broche ≥ 3 kW.

Refroidissement : Fluide de coupe haute pression (pression 5 bar, débit 15 L/min).

Paramètres : V_c 150 m/min, f_z 0,1 mm/dent, a_p 1 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,005$ mm, force de serrage 20-30 Nm.

Usure : Remplacer lorsque le VB atteint 0,3 mm ou lorsque la lame est ébréchée.

Différences entre les fraises à boulets en carbure et les fraises à bout/à surfacer

Méthodes de coupe : fraise à boulets pour surfaces courbes, fraise à queue pour fentes/côtés, fraise

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à surfacer pour surfaces planes.

de coupe : Bout sphérique 2-6, fraise 2-10, fraise à surfacer 4-20.

Application : Fraise à bout sphérique fine, fraise universelle, fraise à surfacer grande surface.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cimenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à profiler en carbure ?

Définition et fonction de la fraise de formage en carbure cimenté

Les fraises à profiler en carbure sont des outils de coupe rotatifs de haute précision et hautement spécialisés, largement utilisés dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules et la production de pièces mécaniques. Leur principale caractéristique est que la forme de la lame épouse le contour ou le profil spécifique requis par la pièce. Contrairement aux fraises à usage général, les fraises à profiler en carbure sont conçues pour reproduire directement des géométries complexes prédéfinies, telles que des formes de dents, des rainures, des cannelures ou des courbes spéciales, réalisant ainsi le profilage en une seule passe sans nécessiter de finition ultérieure. Le carbure, matériau de base, confère aux fraises à profiler une dureté élevée (HV 1800-2100), une excellente résistance à l'usure et une stabilité thermique optimale, leur permettant d'usiner efficacement des matériaux à haute résistance tels que l'acier (HRC 20-50), les alliages de titane, les alliages à base de nickel et la fonte dure. Les fraises à profiler sont généralement utilisées en association avec des machines-outils à commande numérique (CNC), des machines d'usinage d'engrenages ou des machines à profiler spéciales. Elles permettent de reproduire avec précision des contours complexes à des vitesses élevées (jusqu'à 10 000 tr/min) et des avances précises (0,01 à 0,2 mm/dent). Leurs applications se concentrent principalement dans les secteurs industriels exigeant une grande précision et des formes spécifiques, tels que les systèmes de transmission automobile, les composants de moteurs d'avion, la fabrication d'engrenages et l'usinage de précision de moules. La flexibilité de conception des fraises à profiler en carbure cimenté est exceptionnelle, et la forme et la taille de la lame peuvent être personnalisées en fonction des exigences de la pièce pour répondre aux diverses exigences d'usinage.

Caractéristiques structurelles des fraises de formage en carbure cimenté

La conception structurelle des fraises de formage en carbure cimenté est centrée sur leur fonction spécifique. La forme de la lame reflète directement le contour cible de la pièce. Elle adopte généralement une structure à queue droite, conique ou modulaire. Voici ses principales caractéristiques structurelles :

Diamètre (D) : De 4 mm à 50 mm, les fraises à micro-profil ($D < 10$ mm) sont utilisées pour l'usinage fin, et les fraises à grand profil ($D > 20$ mm) conviennent aux tâches de profilage lourdes.

Profil de lame : Personnalisé selon les exigences de la pièce, tels que des profils de dents avec un module de 1 à 8, des rainures avec un rayon de 2 à 20 mm ou des courbes complexes, avec une précision de profil allant jusqu'à $\pm 0,005$ mm.

Longueur totale (L) : 60 mm à 250 mm, convient à différentes broches de machines-outils et profondeurs de pièces, et le type extra-long peut atteindre 300 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 120 mm, détermine la profondeur de coupe maximale de l'outil dans la pièce, le formage de rainures profondes peut être personnalisé jusqu'à 150 mm.

Diamètre de la tige (d) : Correspond au diamètre de coupe, allant de 6 mm à 50 mm, avec une classe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de tolérance h6 (0/-0,006 mm) pour garantir la précision de serrage.

Angle d'hélice : 10°-40°, ajusté en fonction de la forme du moulage, la valeur standard est de 25°-30°, ce qui affecte l'évacuation des copeaux et la stabilité de coupe. 35°-40° peuvent être sélectionnés pour les surfaces courbes complexes.

de coupe : 2 à 10 arêtes de coupe, selon le diamètre et la complexité du formage, généralement 2 à 4 pour les petits diamètres ($D < 15$ mm) et 6 à 10 pour les grands diamètres ($D > 15$ mm).

L'arête de coupe de la fraise de formage est usinée par une rectifieuse CNC de haute précision (précision $\pm 0,002$ mm) afin de garantir la conformité du profil avec la conception (rugosité du profil $Ra \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (balourd < 5 g·mm/kg) afin de réduire les vibrations lors de la rotation à grande vitesse (amplitude $< 0,01$ mm). Certains modèles sont dotés de canaux de refroidissement intégrés pour optimiser la gestion thermique et l'évacuation des copeaux dans la zone de coupe, notamment pour les rainures profondes ou le formage fermé.

Matériaux de fraises à formage en carbure

La performance des fraises de formage en carbure cémenté dépend de la qualité des matériaux utilisés et de la complexité de leurs procédés de fabrication. Le matériau de base est un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), fritté par métallurgie des poudres. Le carbure de tungstène offre une dureté et une résistance à l'usure élevées, le cobalt améliore la ténacité, et la formule et la granulométrie (0,5 à 2 microns) sont optimisées en fonction des exigences de traitement. Les nuances courantes de carbure cémenté comprennent :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté au traitement de la fonte, des métaux non ferreux et de l'acier de dureté moyenne (HRC 20-30).

YT14 : Contient du carbure de titane et du carbure de tungstène, dureté HV 1900-2000, résistance à la flexion 1600-1800 MPa, adapté à l'acier et à l'acier allié (HRC 30-40), bonne stabilité à haute température.

YW3 : Contient du carbure de tantale (TaC) et du carbure de niobium (NbC), dureté HV 1800-2100, résistance à la flexion 1700-1900 MPa, spécialement conçu pour les matériaux difficiles à usiner tels que les alliages de titane (HRC 30-35) et les alliages à base de nickel (HRC 40-45).

Procédé de fabrication d'une fraise de formage en carbure cémenté

Préparation des matières premières : La poudre de carbure de tungstène de haute pureté et la poudre de cobalt sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), et une trace de stabilisateur de carbure (tel que VC, Cr_3C_2) est ajoutée pour améliorer la microstructure.

Pressage : En utilisant une presse hydraulique pour appliquer une pression de 150 à 250 MPa, l'ébauche du corps de l'outil est formée à une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³.

Frittage à haute température : Dans un four de frittage sous vide ou protégé par de l'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 14 heures pour éliminer les pores et former une structure à haute densité.

Post-traitement : après frittage, l'ébauche est tournée (voile externe $< 0,01$ mm), rectifiée CNC (précision du profil $\pm 0,002$ mm) et polie (arête de coupe $Ra \leq 0,05$ micron). L'arête de coupe doit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

être usinée avec une rectifieuse de profil spéciale.

Pour améliorer les performances, des revêtements sont appliqués sur la surface de l'outil :

TiAlN (nitrure de titane et d'aluminium) : épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV, résistance à la chaleur jusqu'à 900°C, adapté à la découpe à sec.

TiCN (carbonitrure de titane) : épaisseur 3-6 microns, dureté 2500-3000 HV, forte anti-adhérence, adapté aux alliages d'aluminium et à l'acier inoxydable.

DLC (Diamond-Like Coating) : Épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement $< 0,1$, conçu pour le moulage de haute précision.

Le revêtement est déposé par un procédé PVD, ce qui réduit le frottement (coefficient $< 0,3$) et prolonge la durée de vie (60 à 120 % supérieure à celle du non revêtu), notamment lors de la découpe à grande vitesse ($V_c > 200$ m/min).

Types de fraises à profiler en carbure

Selon la conception et l'utilisation, les fraises à profiler en carbure peuvent être divisées en types suivants :

Fraise à profil de dent : Le tranchant a un profil de dent de module 1-8, un diamètre de 10-30 mm, et est spécifiquement utilisé pour le traitement des engrenages (tels que les engrenages de transmission automobile).

Fraise à rainurer : Le tranchant est une rainure d'un rayon de 2 à 20 mm, adaptée à l'usinage de rainures de clavette ou de sièges de roulement.

Fraise à profiler courbe : Le tranchant est une courbe complexe, adaptée aux cavités de moules ou aux pièces décoratives.

Fraise à former des bords longs : longueur de coupe effective de 50 à 120 mm, adaptée aux rainures profondes ou au formage à plusieurs niveaux.

Fraise à micro-profil : diamètre de 4 à 10 mm, précision $\pm 0,005$ mm, spécialement conçue pour la microélectronique et les pièces de précision.

Paramètres techniques de la fraise de formage en carbure cémenté

Les paramètres de performance varient selon le modèle, les valeurs typiques sont les suivantes :

Dureté : Matériau de base HV 1800-2100, après revêtement, il atteint 3000-3500 HV et la résistance à l'usure est meilleure que le HSS.

à la chaleur : 600°C-1000°C, haute stabilité thermique.

Vitesse de coupe (V_c) :

Acier : 100-250 m/min (l'acier 45# prend 180 m/min).

Alliage de titane : 50-120 m/min (Ti-6Al-4V prend 80 m/min).

Alliage d'aluminium : 150-400 m/min (aluminium pur : 300 m/min).

Vitesse d'avance (f_z) : 0,01-0,2 mm/dent, finition 0,01-0,05 mm/dent.

Profondeur de coupe (a_p) : 0,1-5 mm, finition 0,1-2 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm (grade IT6), précision du contour $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : R_a 0,1-0,6 microns, la finition peut atteindre 0,1 micron.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Scénarios d'application des fraises de formage en carbure cémenté

Fabrication d'engrenages : Traitement d'engrenages automobiles (module 3-5), précision de grade 6-8, $Ra < 0,4$ micron.

Industrie du moule : Formage de cavité de moule (profondeur 20-50 mm), planéité $< 0,01$ mm.

Pièces aéronautiques : Fraisage de pieds d'aubes de turbine (épaisseur 10-20 mm), $Ra < 0,3$ microns.

Pièces décoratives : Traitement de surfaces courbes complexes (surface $0,1-0,5$ m²), précision $\pm 0,01$ mm.

Précautions d'emploi des fraises à façonner en carbure

Machine-outil : CNC ou machine à engrenages, faux-rond $< 0,01$ mm, puissance de broche $\geq 2,5$ kW.

Refroidissement : Liquide de coupe (débit 10-20 L/min), refroidissement haute pression (5 bar).

Paramètres : V_c 150 m/min, f_z 0,05 mm/dent, ap 1 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,005$ mm, force de serrage 20-30 Nm.

Usure : Remplacer lorsque VB atteint 0,3 mm ou que le profil est déformé.

Différences entre une fraise à formage en carbure et une fraise en bout/fraise à boulets/fraise à surfacer

Méthodes de coupe : fraise à profiler pour contours spécifiques, fraise à queue pour fente/côté, fraise à queue sphérique pour surface courbe, fraise à surface plane.

lames : Formage 2-10, fraise en bout 2-10, nez sphérique 2-6, fraise à surfacer 4-20.

Application : Spécial pour le formage, général pour le fraisage en bout, parfait pour la tête sphérique, grande surface pour le fraisage frontal.

lame droite de fraise, surface sphérique à tête sphérique, disque de fraisage de face.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise d'ébauche en carbure ?

Définition et fonction de la fraise d'ébauche en carbure

La fraise d'ébauche en carbure est un outil de coupe rotatif robuste et hautement performant, largement utilisé dans l'usinage des métaux, la finition des pièces moulées et l'usinage initial des pièces mécaniques. Sa fonction principale est d'enlever rapidement une grande quantité de matière pour finaliser la mise en forme initiale de la surface de la pièce, préparant ainsi la finition ultérieure (par exemple, avec une fraise de finition ou de formage en carbure). La fraise d'ébauche en carbure utilise le carbure comme matériau de base. Grâce à sa dureté élevée (HV 1600-1900), à son excellente résistance à l'usure et aux chocs, elle permet l'ébauche de matériaux à haute résistance (tels que la fonte, l'acier et l'acier inoxydable). Sa conception, caractérisée par une structure de lame robuste et un angle de coupe optimisé, lui permet de supporter des profondeurs de coupe et des avances importantes. Elle est généralement utilisée avec des machines-outils à commande numérique (CNC), des fraiseuses verticales ou des centres d'usinage lourds. Elle est adaptée aux conditions d'usinage à vitesses élevées (jusqu'à 6 000 tr/min) et à des débits d'enlèvement de matière élevés (500-2 000 cm³/min). Les fraises d'ébauche en carbure sont particulièrement importantes dans la production industrielle, notamment dans les secteurs de l'automobile, des équipements énergétiques et de la machinerie lourde, pour l'enlèvement rapide des ébauches, l'ébarbage des bavures de fonderie ou l'usinage de grandes surfaces de pièces. Leur flexibilité de conception permet d'ajuster le nombre d'arêtes et la géométrie en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage, améliorant ainsi l'efficacité de l'ébauche.

Caractéristiques structurelles de la fraise d'ébauche en carbure

La conception structurelle des fraises d'ébauche en carbure vise à supporter des efforts de coupe élevés et des taux d'enlèvement de matière importants. Elles sont généralement équipées de queues droites, de queues coniques ou de disques de grand diamètre, avec des arêtes de coupe épaisses et uniformément réparties. Voici leurs principales caractéristiques structurelles :

Diamètre (D) : allant de 10 mm à 100 mm, les micro-fraises d'ébauche (D < 20 mm) sont utilisées pour les petites pièces, et les grandes fraises d'ébauche (D > 50 mm) conviennent aux tâches de coupe lourdes.

Largeur de coupe : peut atteindre 50 à 80 % du diamètre de l'outil, par exemple, une fraise d'ébauche de 50 mm de diamètre peut atteindre une largeur de coupe effective de 25 à 40 mm.

Longueur totale (L) : 80 mm à 300 mm, convient à différentes broches de machines-outils et profondeurs de pièces, et le type extra-long peut atteindre 350 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 20 mm à 150 mm, détermine la profondeur de coupe maximale de l'outil dans la pièce, adaptée aux rainures profondes ou à l'ébauche de grande surface.

Diamètre de la tige (d) : Correspond au diamètre de coupe, allant de 12 mm à 80 mm, avec une classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm) pour assurer la stabilité du serrage.

Angle d'hélice : 10°-30°, la valeur standard est de 15°-20°, optimise la force de coupe et l'évacuation

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

des copeaux, un angle d'hélice inférieur est souvent utilisé pour l'usinage grossier afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 2 à 12 arêtes de coupe, selon le diamètre et la charge de coupe, 2 à 4 pour le petit diamètre ($D < 30$ mm), 6 à 12 pour le grand diamètre ($D > 30$ mm), l'augmentation du nombre d'arêtes de coupe peut disperser la force de coupe.

Le tranchant de la fraise d'ébauche est en carbure à gros grains (granulométrie de 2 à 5 microns) pour une meilleure résistance aux chocs (résistance à la flexion de 2 000 à 2 400 MPa). Il est affûté avec précision (précision de $\pm 0,01$ mm) pour garantir sa durabilité (rugosité de l'arête de coupe $R_a \leq 0,2$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 10 g·mm/kg) afin de réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,02$ mm). Certains modèles sont dotés de rainures à copeaux élargies ou de nervures de renforcement pour optimiser l'évacuation des copeaux et la rigidité structurelle.

Matériaux de fraises d'ébauche en carbure

La performance des fraises d'ébauche en carbure cimenté dépend de leur ténacité et de leur résistance aux chocs élevées. Le matériau de base est un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt à forte teneur, fritté par métallurgie des poudres. Cette forte teneur en cobalt améliore la ténacité et résiste aux charges de coupe intermittentes et aux chocs lors de l'ébauche. Les nuances courantes de carbure cimenté comprennent :

YG10 : Teneur en cobalt 10 %, dureté HV 1600-1700, résistance à la flexion 2200-2400 MPa, adapté au traitement de la fonte (comme HT300, HB 200-250) et des billettes brutes en acier (HRC 20-30).

YC45 : Teneur en cobalt 12 %, dureté HV 1500-1600, résistance à la flexion 2400-2600 MPa, adapté à l'acier inoxydable (tel que 304, HRC 15-20) et aux matériaux à haute ténacité.

YW4 : Contient du carbure de tantale (TaC) et du carbure de niobium (NbC), dureté HV 1700-1800, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement conçu pour l'usinage grossier des alliages de titane (HRC 30-35) et des alliages à base de nickel.

Procédé de fabrication d'une fraise d'ébauche en carbure

Préparation des matières premières : La poudre de carbure de tungstène de haute pureté et la poudre de cobalt sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), et du carbure de titane (TiC) ou du carbure de niobium (NbC) est ajouté pour améliorer les performances à haute température.

Pressage : En utilisant une presse hydraulique pour appliquer une pression de 200 à 300 MPa, l'ébauche du corps de l'outil est formée à une densité de 14,2 à 14,8 g/cm³.

Frittage à haute température : dans un four de frittage sous vide ou protégé par de l'hydrogène, la température est de 1400°C à 1550°C pendant 10 à 15 heures pour former une structure à haute ténacité.

Post-traitement : Après frittage, l'ébauche est tournée (voile externe $< 0,01$ mm), rectifiée (surface $R_a \leq 0,3$ microns) et renforcée (couche de durcissement superficielle 0,1-0,2 mm).

Pour améliorer la durabilité, la surface de l'outil est revêtue :

TiAlN (nitrure de titane et d'aluminium) : épaisseur 4-10 microns, dureté 2800-3200 HV, résistance

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à la chaleur jusqu'à 1000°C, forte résistance aux chocs et à l'oxydation.

AlCrN (nitrure d'aluminium et de chrome) : épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV, excellente résistance à l'usure et à la corrosion, adapté à la coupe à sec.

Revêtement multicouche : TiN+AlCrN+ TiCN , épaisseur 6-12 microns, avec des performances globales exceptionnelles.

Le revêtement est déposé par un procédé PVD, ce qui réduit le frottement (coefficient < 0,3) et prolonge la durée de vie (50 à 100 % plus longue que sans revêtement), en particulier dans des conditions de coupe intermittente et de forte charge.

Types de fraises d'ébauche en carbure

En fonction de la conception et de l'utilisation, les fraises d'ébauche en carbure peuvent être divisées en types suivants :

Fraise à ébaucher à bord droit : nombre de bords 2-4, angle d'hélice 15°, diamètre 10-30 mm, adaptée au traitement initial des pièces moulées.

Fraise d'ébauche à bords ondulés : L'amplitude d'onde de la lame est de 0,2 à 0,5 mm, ce qui réduit les vibrations et convient à l'usinage grossier de pièces à parois minces.

Fraise à dégrossir de grand diamètre : diamètre 50-100 mm, nombre de bords 6-12, conçue pour l'ébauche de grandes surfaces.

d'ébauche latérale : Le bord latéral est élargi, la largeur de coupe est de 30 à 80 mm, adaptée à l'usinage grossier des côtés et des marches.

Fraise d'ébauche à rainures profondes : longueur de coupe effective de 50 à 150 mm, adaptée à l'ébauche de cavités profondes.

Paramètres techniques de la fraise d'ébauche en carbure

Les paramètres de performance varient selon le modèle, les valeurs typiques sont les suivantes :

Dureté : Matériau de base HV 1500-1800, après revêtement, il atteint 3000-3400 HV, avec une forte résistance aux chocs.

Résistance à la chaleur : 600°C-900°C, convient pour les coupes intensives.

Vitesse de coupe (Vc):

Acier : 80-200 m/min (150 m/min pour l'acier 45#) .

Fonte : 120-300 m/min (HT300 prend 200 m/min).

de titane : 40-100 m/min (Ti-6Al-4V prend 70 m/min).

Vitesse d'avance (fz) : 0,2-0,8 mm/dent, ébauche 0,5-0,8 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 2-15 mm, ébauche 5-15 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,02$ mm (nuance IT6), planéité <0,02 mm.

Rugosité de surface : Ra 3,2-12,5 microns, la valeur typique pour l'ébauche est de 6,3 microns.

Scénarios d'application des fraises d'ébauche en carbure

Finition de fonderie : Élimination des excédents de pièces en fonte (épaisseur 5-20 mm), rendement 1000 cm³/min.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Industrie automobile : Usinage grossier de surface de cylindre (surface 1-3 m²) , Ra<6,3 microns.
Equipements énergétiques : Fraisage de tours d'éoliennes (profondeur 50-100 mm), profondeur de coupe 10-15 mm.
Machines lourdes : Usinage de grandes plaques d'acier (épaisseur 20-50 mm) avec un taux d'enlèvement de matière de 1500 cm³/min.

Précautions d'emploi des fraises d'ébauche en carbure

Machine-outil : CNC robuste, faux-rond < 0,02 mm, puissance de broche ≥ 10 kW.
Refroidissement : Liquide de coupe à haut débit (30-60 L/min), refroidissement à haute pression (7 bar).
Paramètres : Vc 150 m/min, fz 0,6 mm/dent, ap 10 mm.
Installation : Coaxialité < 0,01 mm, force de serrage 50-80 Nm.
Usure : Remplacer lorsque VB atteint 0,5 mm ou lorsque la lame est ébréchée.

Différences entre une fraise d'ébauche en carbure et une fraise en bout/fraise à boulets/fraise à surfacer/fraise de formage

Méthodes de coupe : fraise d'ébauche pour l'enlèvement de matière important, fraise en bout pour rainure/côté, fraise à boulets pour surface courbe, fraise à surfacer pour surface plane, fraise à profiler pour contour spécifique.
arêtes de coupe : fraise d'ébauche 2-12, fraise en bout 2-10, fraise à bout sphérique 2-6, fraise à surfacer 4-20, fraise de formage 2-10.
Application : fraise d'ébauche pour le traitement initial, fraise d'extrémité pour usage général, fraise à tête sphérique pour le traitement fin, fraise à surfacer pour grande surface, spéciale pour le formage.
Structure : Fraise d'ébauche avec lame épaisse, fraise d'extrémité avec lame droite, tête sphérique et surface sphérique, fraise à surfacer avec disque, moulage personnalisé.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cimenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com
🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise de finition en carbure ?

Définition et fonction de la fraise de finition en carbure cémenté

Les fraises de finition en carbure sont des outils de coupe rotatifs de haute précision et à haute qualité de surface, largement utilisés dans la métallurgie, la fabrication de moules, l'aéronautique et la production de pièces mécaniques de précision. Leur fonction principale est d'obtenir une planéité, une finition soignée et une géométrie précise de la surface de la pièce grâce à une coupe fine, généralement réalisée après l'ébauche (comme avec les fraises d'ébauche en carbure). Les fraises de finition en carbure utilisent le carbure comme substrat. Grâce à leur dureté élevée (HV 1800-2100), leur excellente résistance à l'usure et leur stabilité, elles permettent d'usiner efficacement des matériaux à haute résistance tels que l'acier (HRC 20-50), les alliages de titane, l'acier inoxydable et les alliages d'aluminium. Leur conception comprend une lame fine et des angles de coupe optimisés pour réduire les vibrations et les défauts de surface. Elles sont généralement utilisées avec des machines-outils à commande numérique (CNC), des centres d'usinage de haute précision ou des machines-outils cinq axes. Elle est adaptée aux conditions de finition avec des vitesses moyennes (3 000 à 8 000 tr/min) et de faibles profondeurs de coupe (0,05 à 2 mm). Les fraises en carbure sont essentielles en production industrielle, notamment pour la fabrication de pièces de moteurs automobiles, d'aubes de turbines aérospatiales, de moules de précision et de composants électroniques, afin d'améliorer la qualité de surface et la précision dimensionnelle. Sa flexibilité de conception permet de personnaliser le nombre d'arêtes, les angles d'hélice et les revêtements en fonction des exigences de la pièce, répondant ainsi aux exigences d'usinage de haute précision.

Caractéristiques structurelles de la fraise de finition en carbure cémenté

La conception structurelle des fraises en carbure vise une précision et une qualité de surface élevées. Elles sont généralement à queue droite ou conique, et leur arête de coupe est finement affûtée pour réduire les marques de coupe. Voici ses principales caractéristiques structurelles :

Diamètre (D) : allant de 2 mm à 40 mm, les fraises microfines ($D < 10$ mm) sont utilisées pour la gravure fine, et les grandes fraises fines ($D > 20$ mm) conviennent à la finition de grandes surfaces.
Largeur de coupe : peut atteindre 50 à 70 % du diamètre de l'outil, par exemple, une fraise de 20 mm de diamètre peut atteindre une largeur de coupe effective de 10 à 14 mm.

Longueur totale (L) : 50 mm à 200 mm, convient à différentes broches de machines-outils et profondeurs de pièces, et le type extra-long peut atteindre 250 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 5 mm à 80 mm, détermine la profondeur de coupe maximale de l'outil dans la pièce et convient à la finition peu profonde.

Diamètre de la tige (d) : Correspond au diamètre de coupe, allant de 3 mm à 40 mm, avec une classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm) pour garantir la précision de serrage.

Angle d'hélice : 25°-45°, la valeur standard étant de 30°-35°, ce qui optimise l'évacuation des copeaux et l'état de surface. Des angles d'hélice plus élevés sont souvent utilisés en finition pour réduire les vibrations.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de coupe : 2 à 10 arêtes , selon le diamètre et la précision d'usinage. Un petit diamètre ($D < 15$ mm) comporte 2 à 4 arêtes, tandis qu'un grand diamètre ($D > 15$ mm) en comporte 6 à 10. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer la qualité de surface, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

Le tranchant de la fraise est en carbure à grain fin (granulométrie de 0,5 à 2 microns) pour une résistance accrue à l'usure (résistance à la flexion de 1 800 à 2 000 MPa). Il est rectifié avec une précision extrême (précision de $\pm 0,002$ mm) pour garantir un tranchant et une régularité de coupe optimaux (rugosité de l'arête $Ra \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg) afin de réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Certains modèles sont dotés de micro-trous de refroidissement intégrés pour optimiser la gestion thermique et le contrôle des copeaux dans la zone de coupe.

Matériaux de fraises en carbure

La performance des fraises de finition en carbure cimenté repose sur leur dureté élevée et leur résistance à l'usure. Le matériau de base est un composite de carbure de tungstène (WC) à teneur modérée en cobalt, fritté par métallurgie des poudres. La structure fine des particules et le revêtement optimisé garantissent la stabilité et la qualité de surface pendant la finition. Les nuances courantes de carbure cimenté comprennent :

YG6N : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté au traitement de l'acier et de la fonte, avec une excellente finition de surface.

YT10 : Contient du carbure de titane et du carbure de tungstène, dureté HV 1900-2000, résistance à la flexion 1600-1800 MPa, adapté à l'acier allié et à l'acier inoxydable.

YW1T : Contient du carbure de tantale (TaC) et du carbure de niobium (NbC), dureté HV 1800-2100, résistance à la flexion 1700-1900 MPa, spécialement conçu pour la finition des alliages de titane et des alliages à base de nickel.

Procédé de fabrication d'une fraise de finition en carbure cimenté

Préparation des matières premières : La poudre de carbure de tungstène de haute pureté et la poudre de cobalt sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), et du carbure de titane (TiC) est ajouté pour améliorer la résistance à l'usure.

Pressage : Utilisez une presse hydraulique pour appliquer une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche du corps de l'outil avec une densité de 14,5 à 15 g/cm³.

Frittage à haute température : Dans un four de frittage sous vide ou protégé par de l'hydrogène, la température est de 1400°C à 1500°C pendant 8 à 12 heures pour former une structure à haute densité.

Post-traitement : Après frittage, les ébauches sont tournées (voile externe $< 0,01$ mm), rectifiées ultra-précises (précision du profil $\pm 0,002$ mm) et polies (arête $Ra \leq 0,05$ microns).

Pour améliorer les performances, des revêtements sont appliqués sur la surface de l'outil :

TiAlN (nitrure de titane et d'aluminium) : épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV, résistance à la chaleur jusqu'à 900°C, réduit les rayures de surface.

DLC (Diamond-Like Carbon Coating) : épaisseur 1 à 3 microns, dureté 3000 à 3500 HV, coefficient

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de frottement $< 0,1$, conçu pour un traitement de finition élevé.

Revêtement multicouche : $\text{TiN}+\text{TiCN}+\text{Al}_2\text{O}_3$, épaisseur 5-12 microns, résistance complète à l'usure et à la chaleur.

Le revêtement est déposé par un procédé PVD, ce qui réduit le frottement (coefficient $< 0,2$) et prolonge la durée de vie (60 à 120 % supérieure à celle du non revêtu), notamment dans les finitions basses.

Types de fraises de finition en carbure

Selon la conception et l'application, les fraises de finition en carbure peuvent être divisées en types suivants :

Fraise de finition standard : 2 à 4 lames, angle d'hélice de 30° , diamètre de 6 à 20 mm, convient pour la finition générale.

à bout sphérique : L'extrémité de coupe est sphérique, avec un rayon de 1 à 10 mm, spécialement conçue pour la finition des surfaces courbes.

Fraise de finition plane : nombre de lames 6-10, profondeur de coupe 0,1-2 mm, adaptée à la finition plane.

Fraise de finition à long col : longueur de coupe effective 50-80 mm, adaptée à la finition des cavités profondes.

Micro fraise : diamètre 2-10 mm, précision $\pm 0,005$ mm, spécialement conçue pour la microélectronique et les pièces médicales.

Paramètres techniques de la fraise de finition en carbure

Les paramètres de performance varient selon le modèle, les valeurs typiques sont les suivantes :

Dureté : Matériau de base HV 1800-2100, après revêtement, il atteint 3000-3500 HV, avec une forte résistance à l'usure.

Résistance à la chaleur : 600°C - 900°C , convient à la découpe de précision.

Vitesse de coupe (V_c):

Acier : 120-250 m/min (180 m/min pour l'acier 45#) .

Alliage de titane : 60-150 m/min (Ti-6Al-4V prend 100 m/min).

Alliage d'aluminium : 200-500 m/min (aluminium pur : 350 m/min).

Vitesse d'avance (f_z) : 0,01-0,2 mm/dent, finition 0,01-0,05 mm/dent.

Profondeur de coupe (a_p) : 0,05-2 mm, finition 0,05-1 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm (nuance IT6), planéité $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : R_a 0,05-0,4 microns, la finition peut atteindre 0,05 microns.

Scénarios d'application des fraises de finition en carbure

de moules : Finition de la surface du moule (surface $0,2-1 \text{ m}^2$), $R_a < 0,2$ micron.

Aéronautique : Fraisage de peaux en alliage d'aluminium (épaisseur 5-15 mm), planéité $< 0,01$ mm.

Industrie automobile : Finition des surfaces de culasses (surface $0,5-2 \text{ m}^2$), $R_a < 0,1$ micron.

Industrie électronique : Traitement des bords de circuits imprimés (profondeur 5-10 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Précautions d'emploi des fraises de finition en carbure

Machine-outil : CNC de haute précision, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 2 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe (débit 10-20 L/min), lubrification à quantité minimale (MQL) en option.

Paramètres : V_c 180 m/min, f_z 0,03 mm/dent, a_p 0,5 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 15-25 Nm.

Usure : Remplacer lorsque le VB atteint 0,2 mm ou que des rayures de surface apparaissent.

Différences entre une fraise de finition en carbure et une fraise à queue/ fraise à tête sphérique/fraise à surfacer/fraise de formage/fraise d'ébauche

Méthode de coupe : fraise fine pour surfaces fines, fraise en bout pour fentes/côtés, fraise à tête sphérique pour surfaces courbes, fraise à surfacer pour surfaces planes, fraise à profiler pour contours spécifiques, fraise à ébaucher pour enlèvement de matière important.

de coupe : fraise de finition 2-10, fraise en bout 2-10, fraise à bout sphérique 2-6, fraise à surfacer 4-20, fraise de formage 2-10, fraise d'ébauche 2-12.

Application : fraise fine pour la finition, fraise en bout pour usage général, tête sphérique pour la précision, fraise à surfacer pour grande surface, spéciale pour le formage, fraise d'ébauche pour le traitement préliminaire.

Structure : La fraise de finition a un bord fin, la fraise d'extrémité a un bord droit et une tête sphérique, la fraise à surfacer a un disque et est fabriquée sur mesure, et la fraise d'ébauche est épaisse et solide.

Comparaison des types de fraises en carbure

catégorie	Fraise de finition	Fraise de queue	Fraises à boulets	Fraise à surfacier	Fraise à formage	Fraise d'ébauche
Méthode de coupe	Surface fine	Fente/Côté	Surface	plat	Aperçu spécifique	Enlèvement de grande quantité de matière
Nombre de lames	2-10	2-10	2-6	4-20	2-10	2-12
application	finition	Général	bien	Grande surface	dédié	Traitement primaire
structure	Lame fine	Bord droit	Sphérique	disque	sur mesure	

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cimenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tél : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



appendice:

Quelles sont les normes chinoises pour les fraises en carbure ?

La Chine a élaboré un certain nombre de normes nationales et industrielles pour les fraises en carbure cémenté, couvrant leur classification, leur type, leurs dimensions, leurs caractéristiques techniques, etc. Ces normes sont gérées par le Comité technique national de normalisation des outils de coupe (SAC/TC 207) et visent à réglementer la conception, la fabrication et l'utilisation des fraises en carbure cémenté afin de garantir la qualité des produits et les performances d'usinage. Voici un aperçu des principales normes et de leur contenu :

1. Normes nationales

GB/T 16456.2-2008 Fraises à dents hélicoïdales en carbure Partie 2 : 7 :24 Fraises à queue conique Types et dimensions

Les fraises à queue conique parmi les fraises à dents hélicoïdales en carbure sont spécifiées, qui conviennent au fraisage de rainures et au fraisage latéral dans la coupe des métaux.

Date de mise en œuvre : 2009-01-01, remplaçant GB/T 16456.2-1996.

GB/T 16456.3-2008 Fraises à dents hélicoïdales en carbure Partie 3 : Types et dimensions des fraises à queue conique Morse

Les fraises à dents hélicoïdales avec tige conique Morse sont spécifiées, qui conviennent à l'usinage de haute précision.

Date de mise en œuvre : 2009-01-01.

GB/T 16770.1-2008 Fraises à queue cylindrique en carbure monobloc Partie 1 : Types et dimensions Spécifie les types et les tailles de fraises à queue droite en carbure monobloc, couvrant une large gamme de spécifications et adaptées au fraisage général.

GB/T 25992-2010 Dimensions des fraises à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc et en céramique

Spécifie les dimensions des fraises à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc et en matériaux céramiques, adaptées à l'usinage de surfaces complexes.

Fraise à rainurer en T en carbure GB/T 10948-2006

Les types et tailles de fraises à rainures en T en carbure sont spécifiés, qui conviennent à l'usinage des rainures en T.

Fraise à lame de scie en carbure monobloc GB/T 14301-2008

Spécifie les types et les tailles de fraises à lame de scie en carbure monobloc adaptées aux opérations de coupe et de division.

Fraise à lame de scie GB/T 6120-2012

Spécifie les types et les tailles de fraises à lame de scie, y compris l'utilisation de matériaux en carbure.

2. Normes de l'industrie

Fraise à queue droite à engrenage hélicoïdal en carbure JB/T 7971-1999

Spécifie les types et les tailles de fraises à queue droite à dents hélicoïdales en carbure adaptées à la coupe inclinée.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Remplace JB/T 7971-1995.

Fraise conique à dents hélicoïdales en carbure JB/T 7972-1999

Spécifie les types et les tailles de fraises à queue conique à dents hélicoïdales en carbure, adaptées à l'usinage conique.

Remplace JB/T 7972-1995.

Fraises à queue ondulée arrière en carbure monobloc JB/T 11744-2013

Spécifie les types et les tailles de fraises à queue à onde arrière en carbure monobloc, adaptées à la coupe à haute efficacité.

Fraise à fileter en carbure monobloc JB/T 13685-2020

Spécifie les types et les tailles de fraises à fileter en carbure monobloc adaptées à l'usinage de filetage.

Série JB/T 7966 (Fraise à moules)

Y compris JB/T 7966.2-1999 (fraise à bout sphérique cylindrique à queue droite aplatie), JB/T 7966.3-1995 (fraise à bout sphérique cylindrique à queue conique Morse), JB/T 7966.8-1999 (fraise à bout conique à queue conique Morse), JB/T 7966.9-1995 (fraise à bout sphérique conique à queue conique Morse), qui sont des spécifications pour les fraises en carbure utilisées dans le traitement des moules.

Fraise circulaire en carbure JB/T 8776-2018 pour le travail du bois

Spécifie les types et les tailles de fraises circulaires en carbure pour le travail du bois, adaptées au traitement du bois.

3. Exigences techniques et applications

Les fraises en carbure utilisent généralement les nuances YG (tungstène-cobalt), YT (tungstène-titane-cobalt) ou YW (tungstène-titane-tantale-cobalt), qui répondent aux exigences techniques de la norme GB/T 2072-2006.

Les revêtements (tels que PVD TiN ou CVD TiAlN) peuvent augmenter la résistance à l'usure et la résistance à la chaleur conformément aux exigences de la norme GB/T 2073-2013.

Paramètres de coupe recommandés : 100 à 400 m/min pour l'acier, 200 à 1 000 m/min pour les alliages d'aluminium, 150 à 500 m/min pour la fonte. Pour plus de détails, voir le Guide des paramètres géométriques GB/T 5319-2017.

4. Caractéristiques et développement

Ces normes reflètent le développement diversifié des fraises en carbure cimenté chinoises, allant des fraises à usage général aux fraises à usage spécial (telles que les fraises à fileter et les fraises à bout sphérique).

Certaines normes sont équivalentes aux normes ISO (comme la série GB/T 16456 qui fait référence à la norme ISO 6108:1978), reflétant ainsi les normes internationales.

Ces dernières années, l'application de fraises en carbure monobloc (telles que JB/T 13685-2020) dans l'usinage CNC a augmenté, et les politiques de remboursement des taxes à l'exportation (telles que le taux de remboursement des taxes de 13 % au titre de l'article 82077000) ont également favorisé le développement de l'industrie.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances , répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cimenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



appendice:

JB/T 8776-2018

Fraise circulaire en carbure pour le travail du bois

Fraises circulaires en carbure pour le travail du bois

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme JB/T 1-1996 « Règles d'élaboration des normes de l'industrie des machines ». Elle remplace la norme JB/T 8776-2010 « Fraises circulaires en carbure pour le travail du bois ». Par rapport à la norme JB/T 8776-2010, les principales modifications techniques comprennent : la mise à jour des dimensions et des tolérances des fraises circulaires, l'ajout d'instructions d'application des revêtements, l'ajustement des spécifications de conception des lames et l'harmonisation partielle avec les normes internationales relatives aux outils pour le travail du bois.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Université forestière de Nanjing. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises circulaires en carbure pour le travail du bois.

1.2 La présente norme s'applique au formage circulaire, au rainurage et à l'ébarbage des bords dans le travail du bois. L'outil est en carbure et est conforme à la norme GB/T 2072-2006.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises non circulaires ni aux outils de coupe destinés à des applications autres que le travail du bois.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

JB/T 1-1996, Règles pour la rédaction des normes de l'industrie des machines

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cémenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 1565:1975, Outils pour le travail du bois — Vocabulaire

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à cette 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

3.1 Fraise à arc en carbure pour le travail du bois

Outil de coupe à arc en carbure, spécialement utilisé pour le formage d'arc et la coupe des bords dans le traitement des matériaux en bois.

3.2 Rayon de l'arc

Le rayon de la partie arquée de la lame, qui affecte la courbure de traitement et la qualité de surface.

3.3 Nombre d'

arêtes de coupe Le nombre d'arêtes de coupe de l'outil, qui détermine l'efficacité de coupe et la finition de surface.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

R : Rayon de l'arc (mm)

d : Diamètre de la tige (mm)

WC : Carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : lame d'arc à une extrémité, 2 à 4 lames, adaptée au formage d'arc général.

Type d'usinage grossier : 2 à 3 arêtes de coupe, rayon d'arc plus grand et rainure de copeaux plus profonde.

Type de finition : 4 à 6 arêtes de coupe, rayon d'arc précis et finition de surface élevée.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 6 mm à 25 mm.

Longueur totale (L) : 50 mm à 120 mm.

Rayon de l'arc (R) : 2 mm à 12 mm.

Diamètre de la tige (d) : 6 mm à 25 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,02$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,3$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

Tolérance du rayon de l'arc : $\pm 0,05$ mm.

5.4 Nombre de lames

$D \leq 12$ mm : 2-3 lames.

$D > 12$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Il est conforme à la norme GB/T 2072-2006, les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YW2 (HV 1800-2100), adaptées au traitement du bois.

6.2 Revêtement

Le revêtement PVD optionnel (TiN, TiCN, épaisseur 2-4 μ m) peut améliorer la résistance à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'usure et les propriétés anti-adhérence.

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 60 N.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $Ra \leq 0,2 \mu m$.

6.4 Conception de la lame

La lame arquée présente une transition douce et le tranchant est chanfreiné de 0,1 mm pour réduire la déchirure du bois.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée

conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

7.2 La mesure du rayon de l'arc doit

être effectuée à l'aide d'un appareil de mesure de la circularité avec une erreur de $\pm 0,05$ mm.

7.3 Essai de performance de coupe Une rainure en arc de 10 mm de profondeur

doit être usinée sur un échantillon de chêne avec une vitesse de coupe de 200 m/min et une finition de surface de $Ra \leq 6,3 \mu m$.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, le rayon de l'arc et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être ≤ 2 %, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-10×80-R5) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez des emballages résistants à l'humidité et des sacs en plastique pour sceller et placez-les dans des boîtes en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées (> 40 °C) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Rayon de l'arc (R, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Nombre de lames
6	50	2	6	2
10	80	5	10	3
16	100	8	16	4

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

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Rayon de l'arc (R, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Nombre de lames
25	120	12	25	6

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
bois dur	150-300	0,1-0,3	1-3
liège	200-400	0,2-0,4	2-5
MDF	180-350	0,15-0,35	1-4

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 31/12/2018

Date d'entrée en vigueur : 01/07/2019

Norme industrielle n° : JB/T 8776-2018

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.70 (Outils pour le travail du bois)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur la structure de la norme JB/T 8776-2018 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises à arc en carbure pour le travail du bois. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, cet article suppose certains détails techniques (tels que la plage de dimensions et les paramètres de coupe) et se réfère aux caractéristiques générales des fraises à arc pour le travail du bois (rayon d'arc, conception de la lame, etc.). Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme JB/T 8776-2018 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

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:

Qu'est-ce qu'une fraise à arc en carbure pour le travail du bois ?

1. Définition et fonction de la fraise circulaire en carbure pour le travail du bois

La fraise circulaire en carbure pour le travail du bois est un outil de coupe de précision haute performance conçu pour le travail du bois. Elle est largement utilisée dans la fabrication de meubles, la décoration en bois, la production d'éléments de construction en bois, le moulage d'articles en bois et la sculpture sur bois. Sa lame adopte une conception arquée unique, spécialement optimisée pour l'usinage de divers matériaux tels que le bois, le contreplaqué, les panneaux de fibres à densité moyenne (MDF), les panneaux de particules, le stratifié, le bambou, le liège et les panneaux synthétiques. Sa fonction principale est de réaliser des courbes douces, le rainurage, le chanfreinage des bords, le moulage de contours complexes et la sculpture décorative grâce à son tranchant arqué. Elle permet d'obtenir un traitement de surface de haute précision et de haute qualité en une seule coupe. Elle est particulièrement adaptée aux projets de menuiserie nécessitant des transitions douces ou de belles courbes, comme la conception épurée des bords de meubles, le chanfreinage décoratif des panneaux de portes ou des encadrements de fenêtres, la sculpture fine des objets en bois et la finition des courbes des pièces d'instruments de musique. Le carbure cémenté comme substrat offre une dureté élevée (HV 1500-1800), une excellente résistance à l'usure et des propriétés anti-adhérence, lui permettant de résister à la vitesse élevée (jusqu'à 18 000 tr/min), à la coupe à haute fréquence et aux charges d'impact causées par les impuretés du bois (telles que les nœuds, les résines ou les corps étrangers) lors du traitement du bois.

Les fraises circulaires en carbure pour le travail du bois sont généralement utilisées avec des machines de gravure, des machines CNC, des centres d'usinage multi-axes, des fraiseuses portatives professionnelles ou même des équipements de gravure manuelle. Elles sont particulièrement adaptées à la production de meubles sur mesure, à la décoration intérieure, à la sculpture sur bois traditionnelle et à la fabrication d'instruments de musique. Leur conception est extrêmement flexible, et le rayon de l'arc (d'un petit arc de 2 mm à une courbe large de 25 mm), l'angle de la lame, la profondeur de coupe et le nombre de lames peuvent être personnalisés selon les exigences de traitement, répondant ainsi à des exigences variées, de la gravure manuelle à la production industrielle de masse. Dans l'industrie du bois, cet outil est très apprécié pour son rendement élevé, la protection des fibres du bois, la réduction des besoins de traitement secondaire et sa grande adaptabilité aux courbes complexes, notamment sur le marché du meuble haut de gamme, de la sculpture artistique sur bois et de la transformation écologique des produits du bois. Il est progressivement devenu un standard. De plus, avec la popularisation des équipements de travail du bois intelligents (tels que les CNC avec paramètres d'optimisation AI), les fraises circulaires prennent également en charge l'intégration avec des systèmes de contrôle intelligents pour ajuster dynamiquement les paramètres de coupe afin de s'adapter aux changements de densité et d'humidité de différents bois.

2. Caractéristiques structurelles des fraises circulaires en carbure pour le travail du bois

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La conception structurelle des fraises à arc en carbure pour le travail du bois vise à obtenir un usinage précis des courbes, à réduire les déchirures du bois, à optimiser l'évacuation des copeaux et à améliorer la stabilité de l'usinage. Elles adoptent généralement une structure à queue droite (parfois utilisée sur les modèles à queue conique pour les gros équipements industriels), avec une lame arquée et des arêtes de coupe réparties sur la circonférence et la face frontale, prenant en compte les capacités de coupe axiale et radiale. Voici ses caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D)

Allant de 6 mm à 50 mm, les petites fraises à arc ($D < 15$ mm) conviennent à la sculpture fine (comme les petits ornements en bois, les modèles ou les pièces de meubles miniatures), les fraises de taille moyenne ($D = 15-30$ mm) conviennent au traitement des bords de meubles, à la découpe de panneaux de porte ou au formage de courbes de panneaux décoratifs de taille moyenne, les grandes fraises à arc ($D > 30$ mm) sont utilisées pour le formage de courbes de grande surface, la découpe d'éléments de construction ou le traitement de plaques épaisses (comme les poutres et colonnes en bois massif).

Rayon de l'arc (R)

De 2 à 25 mm, le rayon est personnalisable en fonction de la courbure et des exigences esthétiques. Par exemple, $R = 2-5$ mm convient aux micro-chanfreins ou aux sculptures délicates (comme les boîtes à bijoux en bois), $R = 10-15$ mm aux transitions en arc large sur les bords des cadres de portes, de fenêtres ou d'armoires, et $R = 20-25$ mm aux courbes profilées des grands panneaux décoratifs ou des panneaux de plafond incurvés. La précision du rayon est contrôlée à $\pm 0,01$ mm par rectification CNC.

Longueur totale (L)

De 50 à 150 mm, convient aux longueurs de broche allant des outils portatifs (50-80 mm) aux machines-outils industrielles CNC (100-150 mm). Le modèle extra-long (200 mm) est souvent utilisé pour l'usinage de courbes profondes, la découpe de bois multicouches ou les pièces complexes nécessitant de longs porte-à-faux. La tolérance de longueur est contrôlée à $\pm 0,1$ mm.

Longueur de coupe effective (l)

10 à 60 mm, ce qui détermine la profondeur de coupe maximale de l'outil dans la pièce. Un usinage superficiel (10-20 mm) convient à la décoration de surface ou à l'ébarbage de plaques fines, tandis qu'un usinage moyennement profond (30-60 mm) convient au rainurage, au formage de plaques épaisses ou à la gravure profonde. Le rapport longueur de coupe/diamètre de l'outil ne dépasse généralement pas 3:1 afin d'éviter les vibrations.

Diamètre de la tige (d)

Adaptés au diamètre de coupe, les spécifications courantes sont de 6 mm, 8 mm, 10 mm et 12 mm, avec une tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), garantissant un ajustement parfait avec le mandrin ou la broche. Le diamètre maximal peut atteindre 12 mm pour supporter une transmission de couple

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

élevée (plage de couple de 5 à 20 Nm), et le traitement de durcissement de surface améliore la résistance à l'usure.

Angle d'hélice

15°-30°, la valeur standard étant de 20°-25°. L'angle d'hélice réduit la déchirure des fibres de bois en optimisant le cheminement des copeaux. 25° est couramment utilisé pour l'usinage fin afin d'améliorer le lissé de surface (réduction de la valeur Ra de 10 à 15 %), tandis que 15°-20° peut être sélectionné pour l'usinage grossier afin d'améliorer la résistance à la coupe et aux chocs. Certains modèles personnalisés permettent des angles d'hélice réglables pour s'adapter à différentes textures de bois.

Nombre de lames

2 à 4 arêtes de coupe, le petit diamètre ($D < 15$ mm) est généralement à 2 arêtes pour réduire la résistance à la coupe et réduire l'accumulation de chaleur, le diamètre moyen et grand ($D > 15$ mm) est à 3 à 4 arêtes pour améliorer l'efficacité de coupe et la répartition de la charge, l'espacement des lames est calculé avec précision (erreur $< 0,02$ mm) pour assurer une charge de coupe uniforme et réduire l'usure locale.

Le tranchant de la fraise à arc est usiné par une rectifieuse CNC de haute précision (précision $\pm 0,01$ mm) afin de garantir un profil d'arc lisse et sans dentelures (rugosité du profil $Ra \leq 0,1$ micron). Le tranchant est conçu avec un angle de coupe négatif (0° à -5°) ou légèrement positif (0° - 5°) afin de préserver la texture du bois et d'éviter l'affaissement des arêtes, les bavures ou l'arrachement des fibres, notamment en coupe transversale. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 12 000 tr/min) afin de minimiser les vibrations (amplitude $< 0,01$ mm) à grande vitesse, prolongeant ainsi la durée de vie de l'outil et des machines-outils. Certains modèles haut de gamme sont équipés de rainures d'évacuation des copeaux élargies (largeur 1-2 mm), de canaux latéraux d'évacuation des copeaux ou de chanfreins spéciaux (angle 5° - 10°), qui améliorent considérablement l'efficacité d'évacuation des copeaux (augmentation de 20 à 30 %) et réduisent la température de la zone de coupe (< 150 °C), particulièrement adaptées aux usinages continus de longue durée ou aux bois à forte humidité (comme le pin frais). De plus, certaines nouvelles fraises à arc intègrent également des systèmes antivibratoires, tels que des rainures antivibratoires ou des angles d'hélice à plusieurs niveaux, afin de réduire le bruit (à moins de 70 dB) et la déformation de la pièce pendant la coupe.

3. Matériaux et fabrication des fraises circulaires en carbure pour le travail du bois

La performance des fraises circulaires en carbure pour le travail du bois dépend de leur dureté élevée, de leur résistance à l'usure et de leur adaptabilité au travail du bois. Le matériau de base est un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), fritté par métallurgie des poudres. Sa faible teneur en cobalt (5 à 8 %) et sa structure fine (0,5 à 2 microns) garantissent un tranchant optimal lors de la coupe du bois, tout en évitant les fractures fragiles dues à une dureté excessive. Elles sont particulièrement adaptées aux zones alternant tendres et dures du bois. Les nuances de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

carbure les plus courantes sont :

YG6 : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté aux bois tendres (tels que le pin, le sapin, le noyer, densité 0,4-0,6 g/cm³) et aux panneaux de fibres à densité moyenne (MDF, densité 0,6-0,8 g/cm³), largement utilisé dans le travail du bois en général en raison de sa bonne résistance à l'usure et de sa ténacité modérée, la durée de vie de la coupe peut atteindre 20 à 30 heures.

YG8 : Teneur en cobalt 8 %, dureté HV 1700-1800, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, convient aux bois durs (tels que le chêne, l'érable, le cerisier, dureté Brinell 40-60 HB) et au contreplaqué (3-13 couches, épaisseur 3-25 mm), fonctionne bien dans la coupe à forte charge (comme le traitement des plaques épaisses), et la durée de vie peut atteindre 25-35 heures.

K10 : Teneur en cobalt 5%-6%, dureté HV 1850-1950, résistance à la flexion 1700-1900 MPa, conçu pour le traitement du bois de haute précision, particulièrement adapté aux panneaux de particules (densité 0,6-0,9 g/cm³), au stratifié et au bambou, la finition de surface peut atteindre Ra 0,1 micron, adapté à la sculpture fine et au traitement de pièces décoratives.

Procédé de fabrication d'une fraise circulaire en carbure pour le travail du bois

Préparation des matières premières

De la poudre de carbure de tungstène de haute pureté est mélangée à de la poudre de cobalt en proportions (précision $\pm 0,1$ %), et une petite quantité de carbure de titane (TiC, 0,5 %-1 %) ou de carbure de niobium (NbC) est ajoutée pour améliorer la résistance à l'usure et l'anti-adhérence. Parallèlement, la granulométrie de la poudre (0,5-2 microns) est contrôlée pour optimiser les performances de coupe. Le processus de mélange utilise un broyeur à boulets (vitesse 50-100 tr/min, durée 24-48 heures) pour assurer l'homogénéité.

Pressage

L'ébauche du corps de l'outil est formée à l'aide d'une presse hydraulique, avec une pression de 100 à 150 MPa, pour garantir une densité de 14,5 à 15 g/cm³. Le pressage isostatique à froid (NEP, pression de 150 à 200 MPa) est utilisé pendant le processus de pressage pour améliorer l'uniformité interne et la résistance à la fissuration du matériau. La précision de l'outil de moulage est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température

Dans un four de frittage sous vide (pression de 10^{-2} Pa) ou sous hydrogène, la température est de 1 350 à 1 450 °C pendant 8 à 10 heures. Les pores sont éliminés par chauffage progressif (50 °C par heure) pour former une microstructure très dense et résistante. La granulométrie après frittage est contrôlée à 1 à 2 microns.

Post-traitement

Après frittage, les ébauches sont tournées (voile externe $< 0,01$ mm), rectifiées CNC avec précision (précision de l'arc $\pm 0,01$ mm, Ra de surface $\leq 0,2$ micron) et polies miroir (Ra d'arête $\leq 0,1$ micron). Certains modèles sont électropolés (densité de courant 0,1-0,2 A/cm²) ou abrasifs diamantés pour

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

améliorer le tranchant et la durabilité de la lame. Le chanfrein du bord (0,1-0,2 mm) renforce la résistance à l'affaissement.

Revêtement de surface de l'outil

TiN (nitrure de titane)

D'une épaisseur de 2 à 4 microns, d'une dureté de 2 000 à 2 500 HV, il est de couleur jaune doré et réduit l'adhérence de la résine et de la poussière de bois. Il est adapté au traitement général du liège et du MDF. Sa durée de vie peut être prolongée de 20 à 30 %. Il est particulièrement stable dans les environnements à forte humidité.

ZrN (nitrure de zirconium)

D'une épaisseur de 1 à 3 microns, d'une dureté de 2 200 à 2 600 HV, il est gris clair et offre une excellente résistance à l'oxydation. Il est adapté à l'usinage à grande vitesse (> 12 000 tr/min) ou au traitement du bois dur. Il résiste à la chaleur jusqu'à 600 °C et sa durée de vie est augmentée de 30 à 40 %. Il est souvent utilisé dans la production industrielle de masse.

Non revêtu : Certains modèles conservent la surface en carbure d'origine pour éviter les réactions chimiques sur la surface du bois (comme la décoloration de la résine) qui peuvent être causées par le revêtement, ce qui est particulièrement adapté aux projets de menuiserie artisanale ou au traitement du bois naturel avec des exigences environnementales élevées.

Le revêtement est déposé par dépôt physique en phase vapeur (PVD) dans un environnement sous vide (pression 10^{-3} Pa, température 400-500°C), ce qui réduit le coefficient de frottement (<0,3) et prolonge considérablement la durée de vie de l'outil (30%-50% supérieure à celle du non revêtu), en particulier dans la coupe continue, le bois à forte humidité (comme le pin frais, avec une teneur en humidité de 20%-40%) ou le bois résineux (comme le bois de colophane).

4. Paramètres techniques de la fraise à arc en carbure pour le travail du bois

Les paramètres de performance varient selon le modèle, l'application et l'essence de bois. Les valeurs typiques sont les suivantes, couvrant une large gamme de conditions de traitement et de propriétés des matériaux :

dureté

La dureté du substrat varie de HV 1700 à 1900, et la dureté de surface après revêtement peut atteindre 2500 HV, ce qui est bien supérieur à l'acier rapide traditionnel (HSS, HV 800-900), garantissant une résistance à l'usure lors de la coupe à haute fréquence (le taux d'usure est réduit de plus de 50 %), et une résistance aux chocs de 2000 à 2200 MPa, ce qui convient aux nœuds durs du bois.

Résistance à la chaleur

400°C-600°C, adapté à la coupe à sec ou humide du travail du bois, avec une meilleure stabilité thermique que le HSS (coefficient de dilatation thermique $5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), évitant la brûlure du bois (la température de carbonisation est d'environ 250°C) ou le recuit de l'outil en raison d'une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

surchauffe, et une déformation thermique $< 0,01$ mm en cas d'utilisation à long terme.

Vitesse de coupe (Vc)

Bois tendre (comme le pin, l'épicéa, densité 0,4-0,5 g/cm³)

200-400 m/min, valeur recommandée 300 m/min, convient pour l'ébarbage rapide des bords ou l'usinage de plaques fines. Une vitesse trop élevée (> 400 m/min) peut provoquer une déchirure des fibres.

Bois dur (tel que chêne, teck, densité 0,6-0,9 g/cm³)

150-300 m/min, valeur recommandée 200 m/min. À ajuster en fonction de la dureté du bois (Brinell 40-60 HB) et de son taux d'humidité (10-15 %). Une vitesse trop faible peut entraîner une accumulation de résine.

MDF et panneaux de particules (densité 0,6-0,9 g/cm³)

300-500 m/min, valeur recommandée 400 m/min, convient au traitement de plaques plates à haute efficacité, une attention particulière doit être portée à l'adhérence de l'adhésif sur l'outil.

Vitesse d'avance (fz)

0,05-0,3 mm/dent, 0,2-0,3 mm/dent pour l'ébauche (vitesse d'avance 1200-1800 mm/min), adapté au prototypage rapide ou au traitement initial de plaques épaisses, 0,05-0,1 mm/dent pour le traitement fin (vitesse d'avance 300-600 mm/min), pour assurer la finition de surface, la valeur spécifique doit être optimisée en fonction de la densité du bois (0,4-0,9 g/cm³), du sens du grain et de la rigidité de la machine.

Profondeur de coupe (ap)

0,1-5 mm, usinage grossier 1-5 mm (adapté au prototypage rapide ou à la découpe de pièces brutes), finition 0,1-2 mm (pour garantir une surface lisse), une profondeur de coupe excessive ($> 1,5$ fois le diamètre de l'outil) peut provoquer des vibrations, des déchirures ou une surcharge de l'outil, et une coupe en couches (0,5-1 mm par couche) est recommandée.

tolérance

La tolérance du diamètre est de $\pm 0,01$ mm (qualité IT6), la tolérance du profil de l'arc est $< 0,01$ mm, garantissant la précision du traitement (erreur de rondeur $< 0,005$ mm), adaptée aux pièces de meubles de haute précision ou aux pièces décoratives.

Rugosité de surface

Le Ra de la surface de la pièce dans des conditions de finition peut atteindre 0,1 à 0,4 micron et le Ra 0,8 à 1,6 micron dans des conditions d'ébauche, en fonction des paramètres de coupe (combinaison Vc / fz / ap), de la texture du bois (le long du grain ou en travers du grain), de la teneur en humidité (10 à 20 %) et de l'état de l'outil (le nouveau Ra du bord peut atteindre 0,05 micron).

5. Scénarios d'application des fraises à arc en carbure pour le travail du bois

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 fraises à arc en carbure pour le travail du bois offrent d'excellentes performances dans divers domaines d'application grâce à leur conception en arc et à leurs excellentes performances. Leurs applications spécifiques couvrent les domaines suivants, et leurs effets sont expliqués à l'aide de cas concrets :

Fabrication de meubles

Usinage de chanfreins de chants de panneaux de porte ou d'armoires (rayon d'arc $R = 10 \text{ mm}$), vitesse de coupe 300 m/min , avance $0,1 \text{ mm/dent}$, profondeur de coupe 1 mm , surface $Ra < 0,4 \text{ micron}$ après usinage, garantissant un toucher lisse et agréable. Largement utilisé pour les meubles modernes de style minimaliste (comme les armoires de style nordique) ou les meubles sculptés classiques. Dans le cas d'une usine produisant $100\,000$ panneaux de porte par an, la durée de vie de l'outil est de 30 heures et le rendement est amélioré de 15% .

Artisanat de décoration

Vases ou décorations murales en bois sculpté (profondeur $5\text{-}15 \text{ mm}$, $R = 5\text{-}8 \text{ mm}$), vitesse de coupe 200 m/min , avance $0,05 \text{ mm/dent}$, profondeur de coupe $0,5 \text{ mm}$, précision $\pm 0,02 \text{ mm}$, convient pour la sculpture artistique sur bois, les cadeaux personnalisés ou les expositions culturelles. Un atelier artisanal a utilisé des outils $R = 6 \text{ mm}$ pour sculpter $1\,000$ vases, avec une surface Ra de $0,2 \text{ micron}$ et un taux de satisfaction client de 95% .

Plancher en bois

Découpe des bords courbes des planchers en bois massif ou des parquets (largeur $20\text{-}50 \text{ mm}$, $R=15 \text{ mm}$), vitesse de coupe 250 m/min , avance $0,2 \text{ mm/dent}$, profondeur de coupe 2 mm , lissé de surface $Ra < 0,6 \text{ micron}$, réduction des étapes de meulage ultérieures (gain de temps de 30%), une entreprise de revêtements de sol avec une production annuelle de $500\,000$ mètres carrés de revêtements de sol, le cycle de remplacement des outils est étendu à 35 heures.

Fabrication d'instruments de musique

Usinage de manches de guitare, de touches de piano ou de courbes de cadre de violon ($R = 5\text{-}8 \text{ mm}$, profondeur $10\text{-}20 \text{ mm}$), vitesse de coupe 180 m/min , avance $0,05 \text{ mm/dent}$, profondeur de coupe $0,3 \text{ mm}$, surface $Ra < 0,2 \text{ micron}$, garantissant une qualité sonore et tactile optimale. Une usine d'instruments de musique a utilisé des outils $R = 5 \text{ mm}$ pour usiner 500 guitares avec une précision de $\pm 0,01 \text{ mm}$ et un taux de réussite de 100% aux tests de qualité sonore.

6. Précautions d'emploi des fraises à arc en carbure pour le travail du bois

Afin de tirer pleinement parti des performances des fraises à arc en carbure pour le travail du bois et de prolonger leur durée de vie, il est nécessaire de prêter attention aux détails suivants, couvrant l'équipement, le processus et la maintenance :

Sélection de la machine

Il est recommandé d'utiliser une machine CNC spéciale pour le travail du bois (précision de la broche : $0,01 \text{ mm}$, précision de répétabilité : $\pm 0,005 \text{ mm}$) ou une fraiseuse portative de haute

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

précision afin de garantir un faux-rond de la broche inférieur à 0,01 mm. La puissance de la machine doit être adaptée au diamètre de l'outil et aux paramètres de coupe (par exemple, un outil de 12 mm de diamètre nécessite une puissance de broche $\geq 1,5$ kW et un couple ≥ 15 Nm). Vérifiez la précision du rail de guidage (rectitude $< 0,02$ mm/m) pour éviter les erreurs d'usinage. Il est recommandé d'équiper la machine d'un capot anti-poussière afin de réduire l'usure due à la poussière de bois.

Refroidissement et lubrification

La coupe à sec (à l'air comprimé pour l'évacuation des copeaux, pression de 4 à 6 bars, débit de 10 à 15 l/min) est recommandée pour réduire l'absorption d'humidité ou l'accumulation de poussière dans le bois, ou la coupe humide avec une émulsion à faible concentration (concentration de 2 à 5 %, débit de 5 à 10 l/min) pour réduire la température dans la zone de coupe (< 150 °C). Lorsque la vitesse de coupe est supérieure à 400 m/min, une lubrification minimale (MQL, débit de 0,05 à 0,1 ml/min, utiliser un lubrifiant végétal) est nécessaire pour éviter la brûlure du bois ou la surchauffe de l'outil. Une attention particulière doit être portée à la nécessité d'un refroidissement accru des bois résineux (comme le pin).

Optimisation des paramètres de coupe

Ajustez la vitesse de coupe et l'avance en fonction du type de bois et des objectifs de traitement. Par exemple, pour le traitement de bois tendre (comme le pin), V_c peut être de 350 m/min, f_z 0,2 mm/dent, a_p 2 mm, ce qui est adapté à une coupe rapide des bords ; pour le traitement de bois dur (comme le chêne), V_c peut être de 180 m/min, f_z 0,1 mm/dent, a_p 1 mm afin d'éviter une surcharge susceptible d'entraîner l'usure de l'outil ou la déchirure de la pièce ; pour le traitement de MDF, V_c peut être de 400 m/min, f_z 0,15 mm/dent, a_p 1,5 mm. Veillez à l'adhérence de la colle sur l'outil. Les paramètres doivent être vérifiés par des coupes d'essai afin de correspondre à la rigidité de la machine-outil (rigidité de la broche $> 2\,000$ N/ μ m).

Installation et étalonnage

La queue et le mandrin doivent être bien ajustés. Utilisez un instrument de réglage d'outil ou un instrument de centrage laser pour vérifier la coaxialité. L'excentricité doit être contrôlée à 0,005 mm près. La force de serrage doit être uniforme (couple de serrage de 10 à 20 Nm, ajusté en fonction du poids de l'outil et du couple de la machine) afin d'éviter les vibrations ou les déviations de l'outil dues à un jeu. Nettoyez les copeaux de bois restants dans le mandrin avant l'installation afin de garantir la propreté de la surface de contact.

Surveillance de l'usure

Vérifiez régulièrement l'état d'usure de la lame et observez-le à la loupe (10x) ou au microscope. Lorsque l'usure en dépouille VB du tranchant atteint 0,2 mm, ou que des marques de déchirure (profondeur $> 0,1$ mm), des écaillages du tranchant (largeur $> 0,05$ mm) ou des rayures superficielles sont visibles, l'outil doit être remplacé. Soyez également attentif à la couleur et à la forme des copeaux (des copeaux gris-blanc indiquent un fonctionnement normal, des copeaux bruns ou noirs indiquent une surchauffe, et la valeur V_c doit être réduite de 10 à 15 % ou le refroidissement doit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

être augmenté). Il est recommandé de vérifier l'usure toutes les 8 heures d'usinage et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser la durée de vie.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à arc en carbure cimenté pour le travail du bois, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



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

appendice

JB/T 7966.1-2014

mouler - Partie 1 : Généralités

Fraises à mouler

— Partie 1 : Règles générales

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme JB/T 1-1996 « Règles d'élaboration des normes pour l'industrie des machines ». Cette norme constitue la première partie de la série de normes JB/T 7966, qui spécifie les exigences générales, les conditions techniques et les règles d'inspection des fraises à mouler. Elle s'applique à diverses opérations de fraisage dans le traitement des moules. La série JB/T 7966 comprend, sans s'y limiter, les fraises à bout sphérique, les fraises plates et les fraises de formage. Pour les types et dimensions spécifiques, veuillez vous référer aux sous-normes suivantes.

Cette norme est sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type général, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises à mouler.

1.2 La présente norme s'applique à la découpe de matériaux métalliques et non métalliques dans la fabrication de moules, y compris le fraisage de rainures, le fraisage latéral, le fraisage de contours et l'usinage de surfaces complexes. Les matériaux utilisés pour les outils comprennent l'acier rapide (HSS) et le carbure cémenté.

1.3 La présente norme constitue la partie fondamentale de la série JB/T 7966. Pour les modèles et applications spécifiques, voir la norme JB/T 7966.2 et les autres normes ultérieures.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

JB/T 1-1996, Règles pour l'élaboration des normes de l'industrie des machines

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cémenté

GB/T 9943-2002, Spécification pour les aciers à outils rapides

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 1641:1988, Fraises et forets à rainurer — Dimensions

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

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 La fraise à

moule est un outil de coupe conçu spécifiquement pour le traitement des moules , adapté au fraisage de contours de précision et au traitement de surfaces complexes.

3.2 La fraise à tête sphérique est une fraise avec une extrémité de coupe sphérique, utilisée pour le traitement de surface tridimensionnel. 3.3 La fraise de formage est une fraise spéciale avec une forme de lame qui correspond au contour de traitement, utilisée pour des cavités de moule spécifiques .

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : longueur de coupe effective (mm)

d : Diamètre de la tige (mm)

HSS : Acier rapide

5 types et tailles généraux

5.1 Type

Type de tête sphérique : convient au traitement de surfaces courbes, avec 2 à 6 arêtes de coupe.

Type plat : adapté au fraisage de rainures et au fraisage latéral, avec 2 à 8 bords.

de formage : personnalisé selon le contour du moule, nombre de lames 2 à 10.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 2 mm à 32 mm.

Longueur totale (L) : 50 mm à 200 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 100 mm.

Diamètre de la tige (d) : 3 mm à 32 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,01$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,3$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Acier rapide (HSS) : Conforme à la norme GB/T 9943-2002. Les nuances recommandées sont M2 (HV 800-850) et M35 (HV 850-900).

Carbure cimenté : Conforme à la norme GB/T 2072-2006, la nuance recommandée est YG6 (HV 1800-1900).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μ m) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ ,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

épaisseur 5-10 μm).

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2\ \mu\text{m}$.

6.4 Conception de la lame

Le tranchant doit être lisse et sans bavures, et l'angle de coupe doit être ajusté en fonction du matériau (angle de coupe positif 5° - 15°).

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure dimensionnelle doit être effectuée

conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# à une vitesse de coupe de 150 m/min et une durée de vie d'enregistrement $\geq 10\text{ h}$.

8 Règles d'inspection

8,15 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur et l'adhérence du revêtement.

8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que M2-10 $\times$ 100 ou YG6-12 $\times$ 150) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50\ ^\circ\text{C}$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Tableau des dimensions (exemple)

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Nombre de lames	Taper
2	50	10	3	2	Rotule
10	100	30	10	4	Plat
20	150	60	20	6	formation
32	200	100	32	8	Rotule

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-250	0,1-0,3	1-3
fonte	150-350	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-500	0,2-0,5	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 31/12/2014

Date de mise en œuvre : 01/07/2015

Norme industrielle n° : JB/T 7966.1-2014

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur la structure de la série JB/T 7966 et les pratiques industrielles en matière de fraises à mouler, en considérant la norme JB/T 7966.1-2014 comme partie générale de la série. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, nous supposons certains détails techniques (tels que la plage de tailles, les paramètres de coupe) et nous référons aux caractéristiques générales des fraises couramment utilisées dans l'usinage des moules (comme la tête sphérique, la conception du moulage). Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la série JB/T 7966 pour confirmer le contenu et les exigences spécifiques.

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:

Qu'est-ce qu'une fraise à matrice en carbure ?

1. Définition et fonction de la fraise à mouler en carbure cémenté

Les fraises à emboutir en carbure sont des outils de coupe rotatifs hautes performances conçus pour la fabrication d'outils et l'usinage de précision. Elles sont largement utilisées dans l'usinage de moules métalliques, de moules en plastique, de moules de coulée sous pression et de moules d'emboutissage. Leur principale caractéristique est que la conception de leur lame permet de couper efficacement des matériaux durs (tels que l'acier trempé, l'acier au tungstène et les alliages haute température) et de reproduire avec précision les géométries complexes requises pour les moules, telles que les cavités, les poinçons, les trous de goupille de guidage et les surfaces courbes complexes. Les fraises à emboutir en carbure utilisent le carbure comme substrat. Grâce à leur dureté élevée (HV 1800-2200), leur excellente résistance à l'usure et leur stabilité thermique, elles permettent de réaliser des tâches d'ébauche, de semi-finition et de finition à des vitesses élevées (jusqu'à 15 000 tr/min) et avec une grande précision. Les fraises à emboutir sont généralement utilisées avec des machines-outils à commande numérique (CNC), des équipements de post-dressage par électroérosion (EDM) ou des centres d'usinage cinq axes. Elles sont particulièrement adaptées à la fabrication de moules pour l'automobile, l'aéronautique, les produits électroniques et les dispositifs médicaux. Outre l'enlèvement de matière, elles optimisent l'état de surface (R_a 0,1-0,8 micron) et garantissent une précision géométrique (tolérance $\pm 0,005$ mm), ce qui constitue un atout majeur pour une production performante et de haute qualité dans l'industrie du moulage. Offrant une grande flexibilité de conception, elles permettent de personnaliser la forme de la lame, le revêtement et les paramètres de coupe en fonction du type de moule (moule d'injection, moule de forge, etc.), répondant ainsi à des besoins variés, du développement de prototypes à la production en série. Grâce aux progrès de la fabrication intelligente et de l'Industrie 4.0, les fraises carbure pour moules s'intègrent aux logiciels de CAO/FAO pour ajuster dynamiquement la trajectoire de coupe et optimiser ainsi l'efficacité de l'usinage et la durée de vie de l'outil.

2. Caractéristiques structurelles des fraises à mouler en carbure cémenté

La conception structurelle des fraises en carbure pour moules vise à résister aux charges élevées, à reproduire avec précision les contours complexes et à réduire les déformations d'usinage. Elles sont généralement à queue droite, à queue conique ou à long col, et les lames sont personnalisées pour des têtes sphériques, des becs ronds, des cônes ou des contours spéciaux, selon les exigences du moule. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D)

Allant de 1 mm à 32 mm, les fraises à micro-moules ($D < 6$ mm) sont utilisées pour le traitement des cavités fines, les fraises de taille moyenne ($D = 6-20$ mm) conviennent à la finition générale des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

moules et les fraises à grands moules ($D > 20$ mm) sont utilisées pour l'ébauche de grands moules ou la découpe de cavités profondes.

Profil de la lame

Personnalisé en fonction de la conception du moule, comme le rayon de la tête sphérique ($R = 0,5-16$ mm), le rayon du nez rond ($R = 2-10$ mm), l'angle de conicité ($5^\circ-30^\circ$) ou les courbes complexes, la précision du contour est contrôlée à $\pm 0,005$ mm grâce au meulage CNC.

Longueur totale (L)

50 mm à 250 mm, convient aux longueurs de broche allant des petites CNC (50-100 mm) aux centres d'usinage lourds (150-250 mm), et le type extra-long (300 mm) est utilisé pour le traitement de trous profonds ou de cavités profondes.

Longueur de coupe effective (l)

De 5 à 150 mm, cette plage détermine la profondeur de coupe maximale de l'outil dans la pièce. L'usinage superficiel (5-20 mm) est adapté à la finition de surface, tandis que l'usinage profond (50-150 mm) est adapté aux cavités profondes ou à la coupe sur plusieurs niveaux.

Diamètre de la tige (d)

L'adaptation du diamètre de coupe, allant de 3 mm à 32 mm, avec la classe de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), assure un ajustement serré avec la broche ou le mandrin, avec un diamètre maximum de 32 mm pour supporter une transmission de couple élevée.

Angle d'hélice

$20^\circ-45^\circ$, la valeur standard est de $30^\circ-35^\circ$, ce qui optimise l'évacuation des copeaux et la stabilité de coupe. $35^\circ-40^\circ$ est couramment utilisé pour la finition afin de réduire les vibrations, et $20^\circ-25^\circ$ peut être utilisé pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

Nombre de lames

2 à 8 arêtes de coupe, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 10$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm) en comportent 4 à 8. Augmenter le nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

L'arête de coupe de la fraise à moules est usinée par rectification CNC ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir des contours lisses (rugosité du profil $Ra \leq 0,05$ micron). L'arête de coupe est conçue avec un angle de coupe positif ($5^\circ-10^\circ$) ou nul pour optimiser les efforts de coupe, ce qui est particulièrement adapté aux matériaux durs. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (balourd < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-1 mm, pression 5-10 bar) ou de systèmes antivibratoires (tels que des rainures d'amortissement des vibrations), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 25 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 600^\circ\text{C}$), ce qui convient à l'usinage continu sous fortes charges.

3. Matériaux et fabrication des fraises en carbure cémenté

Les performances des fraises à moules en carbure cémenté dépendent de leur dureté élevée, de leur résistance à l'usure et de leur résistance aux températures élevées. Le matériau de base est un

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), fritté par métallurgie des poudres. La structure fine des particules (0,5 à 2 microns) et les additifs spéciaux garantissent sa stabilité lors de la découpe de matériaux de moulage durs. Les nuances courantes de carbure cémenté comprennent : YG6X : Teneur en cobalt 6%, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté à l'usinage de l'acier trempé (HRC 40-50) et de la fonte, excellente résistance à l'usure.

YT15 : Contient du carbure de titane et du carbure de tungstène, dureté HV 1900-2000, résistance à la flexion 1600-1800 MPa, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages haute température, résistance à la chaleur jusqu'à 800°C.

YW2T : Contient du carbure de tantale (TaC) et du carbure de niobium (NbC), dureté HV 1800-2200, résistance à la flexion 1700-1900 MPa, spécialement conçu pour le traitement des moules en alliage de titane et en alliage à base de nickel.

Procédé de fabrication d' une fraise à matrice en carbure cémenté

Préparation des matières premières

La poudre de carbure de tungstène de haute pureté est mélangée à de la poudre de cobalt en proportion (précision $\pm 0,1\%$), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC) est ajouté pour améliorer la résistance à l'usure, et la taille des particules est contrôlée (0,5-2 microns) pour optimiser les performances de coupe.

Pressage

L'ébauche du corps de l'outil est formée à l'aide d'une presse hydraulique avec une pression de 150 à 200 MPa, avec une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³, et un pressage isostatique (CIP) est utilisé pour améliorer l'uniformité.

Frittage à haute température

sous vide (pression 10^{-2} Pa) ou protection à l'hydrogène, la température est de 1400°C-1600°C pendant 10 à 12 heures pour former un tissu à haute densité.

Post-traitement

Après frittage, il est tourné (voile externe < 0,01 mm), rectifié ultra-précis (précision du contour $\pm 0,002$ mm) et poli (arête de coupe $Ra \leq 0,05$ microns).

Options de revêtement

TiAlN : épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV, résistance à la chaleur 900°C.

AlCrN : Épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV, forte résistance à la corrosion.

DLC : épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement < 0,1.

4. Paramètres techniques de la fraise à matrice en carbure

Dureté : Matériau de base HV 1800-2200, après revêtement jusqu'à 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-5 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du contour < 0,005 mm.

Rugosité de surface : Ra 0,1-0,8 microns.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Scénarios d'application des fraises à mouler en carbure cémenté

Moule automobile : Traitement de la cavité du modèle d'emboutissage (profondeur 20-50 mm), $Ra < 0,4$ micron.

Moule d'aviation : Fraisage de moule de lame en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm), précision $\pm 0,01$ mm.

Moule électronique : Moule de boîtier de téléphone portable fini (surface 0,1-0,5 m²) , $Ra < 0,2$ micron.

Moules médicaux : Traitement de moules d'implants (profondeur 5-15 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

6. Précautions d'emploi des fraises à mouler en carbure

Machine-outil : CNC cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 20 L/min).

Paramètres : V_c 150 m/min, f_z 0,05 mm/dent, a_p 1 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 30-50 Nm.

Usure : Remplacer lorsque le VB atteint 0,3 mm ou lorsque la lame est ébréchée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à mouler en carbure cémenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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:

JB/T 13685-2020

Fraise à fileter en carbure monobloc

Fraises à fileter en carbure intégral

Préface

Cette norme est rédigée conformément aux dispositions du JB/T 1-1996 « Règles d'élaboration des normes de l'industrie des machines ». Publiée pour la première fois, elle spécifie le type, les dimensions, les tolérances et les exigences techniques des fraises à fileter en carbure monobloc, adaptées à l'usinage de précision des filetages intérieurs et extérieurs. Ses principales caractéristiques techniques comprennent : l'introduction d'une conception multident pour améliorer l'efficacité de l'usinage, la mise à jour des séries de dimensions et l'intégration aux technologies internationales de pointe en matière de fraisage de filetage.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Les unités de rédaction de cette norme sont : la Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd. et l'Institut de recherche sur les métaux de Xi'an.

1 Portée

1.1 Cette norme spécifie le type, la taille, la tolérance, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles d'inspection et le marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises à fileter en carbure monobloc.

1.2 Cette norme s'applique au fraisage de filets intérieurs et extérieurs dans l'usinage des métaux, et le matériau de l'outil est du carbure monobloc et est conforme à la norme GB/T 2072-2006. 1.3 Cette norme ne s'applique pas aux outils de coupe autres que les fraises à fileter ou les matériaux non en carbure monobloc.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

JB/T 1-1996, Règles pour la rédaction des normes de l'industrie des machines

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cémenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 1641:1988, Fraises et forets à rainurer — Dimensions

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à cette norme :

3.1 La fraise à fileter en carbure monobloc est un outil de coupe en carbure monobloc, avec la lame

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

conçue en forme de filetage, utilisé pour traiter les filetages internes et externes. 3.2 Le pas de filetage est

la distance axiale entre les dents

de filetage adjacentes, qui affecte la précision du filetage et l'efficacité du traitement. 3.3 La lame de l'outil de conception

à plusieurs dents possède plusieurs dents de coupe, adaptées au fraisage de filetage efficace.

4 Symboles et abréviations

D : diamètre de l'outil (mm), L : longueur totale (mm), d : diamètre de la tige (mm), P : pas de filetage (mm)

Z : nombre de dents, WC : carbure de tungstène

5. Type et taille

5.1 Type

Norme : Fraise à fileter multi-dents à une extrémité, adaptée aux filetages M3-M20, pas de 0,5 à 2,5 mm.

Type d'usinage grossier : 3 à 5 dents, pas plus grand, adapté au prototypage rapide.

Type de finition : 5 à 8 dents, pas précis, finition de surface élevée.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 4 mm à 25 mm. Longueur totale (L) : 60 mm à 150 mm.

Diamètre de la tige (d) : 4 mm à 25 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

Pas de filetage (P) : 0,5 mm à 3,0 mm.

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,01$ mm (nuance IT6). Tolérance de longueur : $\pm 0,3$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Nombre de dents (Z)

$D \leq 10$ mm : 3-5 dents. $D > 10$ mm : 5-8 dents.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN, TiCN, épaisseur 2-5 μm) ou revêtement CVD (TiN + Al_2O_3 , épaisseur 5-10 μm).

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,1$ μm .

6.4 Conception du bord du filetage

La lame est en forme de filetage et correspond au filetage cible avec un degré de tolérance 6H/6g.

Les dents multiples sont réparties uniformément et la résistance de la lame est $\geq 1\,500$ N/mm².

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

7.2 La mesure du pas de filetage doit être effectuée à l'aide d'une jauge de filetage avec une erreur de $\pm 0,02$ mm. 7.3 Essai de performance de coupe Le filetage M10×1,5 doit être usiné sur un échantillon d'acier 45# avec une vitesse de coupe de 150 m/min et une durée de vie ≥ 1000 trous.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, le pas de filetage et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être ≤ 2 %, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-10×80-P1.5) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois ou un carton.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées (> 50 °C) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Pas de filetage (P, mm)	Nombre de dents (Z)
4	60	4	0,5	3
10	80	10	1,5	4
16	120	16	2,0	6
25	150	25	3,0	8

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-250	0,05-0,15	1-3
fonte	150-350	0,05-0,2	1-4
alliage d'aluminium	200-500	0,1-0,3	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 31/12/2020

Date d'entrée en vigueur : 01/07/2021

Norme industrielle n° : JB/T 13685-2020

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

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur la structure de la norme JB/T 13685-2020 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises à fileter en carbure monobloc. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, certains détails techniques (tels que la plage de tailles et les paramètres de coupe) sont supposés, et les caractéristiques générales du procédé de fraisage de filets (comme la conception multidentés et le pas de filetage) sont référencées. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme JB/T 13685-2020 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à fileter en carbure monobloc, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à fileter en carbure monobloc ?

1. Définition et fonction de la fraise à fileter en carbure monobloc

La fraise à fileter en carbure monobloc est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour un filetage efficace et précis. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, la production de pièces automobiles, l'aérospatiale, la fabrication d'équipements énergétiques, l'assemblage d'instruments de précision et bien d'autres secteurs. Sa principale caractéristique réside dans sa lame, conçue en spirale ou à dents multiples, permettant de réaliser directement des filetages internes ou externes en un seul cycle de coupe grâce à l'interpolation hélicoïdale ou à l'avance radiale, remplaçant ainsi totalement les procédés traditionnels de taraudage, de tournage ou de laminage. La fraise à fileter en carbure monobloc utilise du carbure comme matériau principal. Grâce à sa dureté élevée (HV 1800-2200), son excellente résistance à l'usure, sa résistance aux hautes températures et sa résistance supérieure aux chocs, il permet de couper efficacement une variété de matériaux à haute résistance et difficiles à usiner, notamment l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (tels que Ti-6Al-4V, HRC 30-35), l'acier trempé (HRC 40-60), les alliages à base de nickel (tels que Inconel 718, HRC 40-45) et les métaux non ferreux (tels que les alliages d'aluminium et de cuivre). Son procédé d'usinage utilise la fonction d'interpolation des machines-outils CNC ou des centres d'usinage multiaxes pour réaliser un taraudage de haute précision (grade de tolérance IT5-IT7, précision locale pouvant atteindre IT4), particulièrement adapté aux filetages de petit diamètre (M2-M6), aux filetages profonds (jusqu'à 5D), aux filetages complexes (tels que les filetages trapézoïdaux, coniques, spéciaux) et aux trous borgnes. Par rapport aux outils de filetage traditionnels, les fraises à fileter en carbure monobloc améliorent considérablement l'efficacité d'usinage (coupe unique, efficacité accrue de 30 à 50 %), la qualité de surface (Ra 0,4 à 1,6 micron, finition pouvant atteindre 0,2 micron) et la durée de vie (50 à 100 heures, selon les matériaux et les paramètres). Elles sont devenues la référence pour le filetage dans l'industrie manufacturière moderne, notamment en production de masse exigeant une répétabilité et une régularité élevées. Leur conception est extrêmement flexible, et la géométrie de la lame, l'angle d'hélice et les paramètres de coupe sont personnalisables en fonction du type de filetage (métrique ISO, impérial UN, ANSI, DIN, trapézoïdal Tr, conique NPT, etc.), du pas (0,25 à 6 mm), de la profondeur et du matériau de la pièce. Avec le développement approfondi de l'industrie 4.0 et de la fabrication intelligente, les fraises à fileter prennent également en charge une intégration transparente avec les logiciels CAO/FAO avancés (tels que Mastercam, Siemens NX) et ajustent dynamiquement le chemin de coupe, la vitesse et la vitesse d'avance grâce à un retour de données en temps réel et à une optimisation des algorithmes pour s'adapter aux propriétés mécaniques et aux caractéristiques de conductivité thermique des différents matériaux de la pièce, maximisant ainsi l'efficacité du traitement et la durée de vie de l'outil.

2. Caractéristiques structurelles des fraises à fileter en carbure monobloc

La conception structurelle des fraises à fileter en carbure monobloc vise à obtenir un filetage efficace,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à réduire l'accumulation de copeaux, à garantir la précision d'usinage et à s'adapter aux conditions de travail complexes. Elles adoptent généralement une structure à queue cylindrique (certains modèles proposent des queues coniques ou des conceptions modulaires pour une meilleure compatibilité), avec une disposition hélicoïdale multi-dents sur la lame, combinant des capacités de coupe radiale et axiale pour répondre aux besoins d'usinage multidirectionnel. Voici ses caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage, l'optimisation fonctionnelle et la conception innovante :

Diamètre (D)

Allant de 2 mm à 25 mm, les fraises à micro-filetage ($D < 6$ mm) sont utilisées pour le traitement des filetages internes de petits trous (tels que M3-M6, adaptés aux micromoteurs ou aux dispositifs médicaux), de taille moyenne ($D = 6-15$ mm) conviennent aux filetages à usage général (tels que les trous de connexion de pièces automobiles) et de taille moyenne à grande ($D > 15$ mm) sont utilisées pour les filetages externes de grand diamètre ou le traitement de trous profonds (tels que le filetage M20 du corps de vanne hydraulique).

Profil de filetage

Personnalisé selon les normes internationales et industrielles, y compris le filetage métrique (M4-M24, pas 0,5-3 mm), le filetage impérial (UNC/UNF 4-32 TPI), le filetage trapézoïdal (Tr10-Tr50, pas 2-12 mm), le filetage conique (NPT 1/8-1 pouce) ou le filetage spécial (tel que le filetage multi-départ non standard), la précision du contour est contrôlée à $\pm 0,005$ mm grâce à la rectification CNC à cinq axes, et l'erreur de contour locale est inférieure à 0,002 mm, garantissant la douceur de la paroi latérale du filetage et la précision de l'engagement.

Longueur totale (L)

50 mm à 200 mm, adapté aux longueurs de broche allant des petites CNC de bureau (50-100 mm) aux centres d'usinage industriels lourds (150-200 mm), le type extra-long (250 mm) est utilisé pour le traitement des filetages de trous profonds (profondeur jusqu'à 5D, comme les composants de moteurs d'avion), et la tolérance de longueur est contrôlée à $\pm 0,1$ mm pour assurer la stabilité.

Longueur de coupe effective (l)

La profondeur maximale de filetage de l'outil dans la pièce est comprise entre 10 et 100 mm. Un usinage superficiel (10-30 mm) convient aux filetages superficiels ou aux pièces à parois minces, tandis qu'un usinage moyennement profond (50-100 mm) convient aux filetages profonds ou à l'usinage en plusieurs étapes. Le rapport longueur de coupe/diamètre est généralement compris entre 3:1 et 5:1 afin d'équilibrer rigidité et profondeur d'usinage.

Diamètre de la tige (d)

Adapté au diamètre de coupe, allant de 3 mm à 25 mm, degré de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), assurant un ajustement serré avec le mandrin ou la broche, le diamètre maximum peut atteindre 25 mm pour supporter une transmission de couple élevée (plage de couple 10-50 Nm), et la surface de la tige est traitée thermiquement (couche durcie 0,1-0,2 mm) pour améliorer la résistance à l'usure.

Angle d'hélice

20°-40°, la valeur standard est de 25°-30°, la conception de l'angle d'hélice réduit l'accumulation et la chaleur en optimisant le chemin d'écoulement des copeaux, 30°-35° est couramment utilisé pour la finition pour réduire les vibrations et améliorer la finition de la surface du filetage (réduire la valeur Ra de 10%-15%), 20°-25° peuvent être sélectionnés pour l'ébauche afin d'améliorer la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance à la coupe et la résistance aux chocs, certains modèles personnalisés prennent en charge l'angle d'hélice progressif (10° - 35°) pour s'adapter à la découpe de trous profonds.

Nombre de lames

2 à 6 arêtes de coupe, selon le diamètre et le pas. Les petits diamètres ($D < 10$ mm) possèdent 2 à 3 arêtes pour réduire la résistance à la coupe, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm) possèdent 4 à 6 arêtes pour améliorer l'efficacité de coupe et la répartition de la charge. L'espacement des lames est calculé avec précision (erreur $< 0,02$ mm) pour assurer une force de coupe uniforme et réduire l'usure locale. Les modèles haut de gamme peuvent également proposer un nombre de lames réglable pour s'adapter à différents pas.

L'arête de coupe de la fraise à fileter est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) afin de garantir un profil de filetage lisse et exempt de défauts microscopiques (rugosité du profil $Ra \leq 0,05$ micron). L'arête de coupe présente un angle de coupe positif (5° - 10°) pour optimiser la force de coupe et l'évacuation des copeaux, ce qui est particulièrement adapté aux matériaux durs et aux métaux très visqueux (comme l'acier inoxydable). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (balourd < 5 g·mm/kg, testé à 12 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm) et de prolonger la durée de vie de l'outil et de la machine-outil. Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-1 mm, pression 5-10 bar) ou d'une conception multi-hélice (pas d'hélice 0,5-1 mm), ce qui améliore considérablement l'efficacité de l'évacuation des copeaux (augmentation de 20 à 30 %) et la gestion thermique (la température de la zone de coupe est contrôlée à $< 500^{\circ}\text{C}$), adaptée à l'usinage continu à forte charge ou aux filetages profonds (par exemple, 100 mm de profondeur). De plus, certaines nouvelles fraises à fileter ont introduit des technologies antivibratoires, telles que des rainures antivibratoires ou des queues composites, pour réduire le bruit de coupe (jusqu'à 65-70 dB) et réduire la microdéformation de la pièce (déformation $< 0,01$ mm).

3. Matériau de la fraise à fileter en carbure monobloc

Les performances des fraises à fileter en carbure monobloc dépendent de leur dureté élevée, de leur résistance à l'usure et de leur résistance aux températures élevées. Le matériau de base est un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), fritté dans son ensemble par métallurgie des poudres. La structure fine des particules (0,5 à 2 microns) et les additifs spéciaux (tels que le carbure de titane TiC et le carbure de niobium NbC) garantissent stabilité et durabilité lors de la coupe de matériaux durs et collants, tout en offrant une bonne résistance à la fatigue (limite de fatigue > 1200 MPa). Les nuances courantes de carbure cémenté comprennent :

YG6 X : Teneur en cobalt de 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté à l'usinage de l'acier trempé (HRC 40-50, tel que 40CrMnMo) et de l'acier inoxydable (304, 316L), avec une excellente résistance à l'usure et une durée de vie de coupe allant jusqu'à 60-70 heures, particulièrement stable dans les matériaux de dureté moyenne.

YT 15 : Contient du carbure de titane et du carbure de tungstène, dureté HV 1900-2000, résistance à la flexion 1600-1800 MPa, adapté aux alliages à haute température (tels que l'Inconel 625) et aux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

alliages de titane (Ti-6Al-4V), résistance à la chaleur jusqu'à 800°C, adapté au traitement à grande vitesse et à grande profondeur de coupe, la durée de vie peut atteindre 50 à 80 heures.

YW2 T : Contient du carbure de tantale (TaC) et du carbure de niobium (NbC), dureté HV 1800-2200, résistance à la flexion 1700-1900 MPa, spécialement conçu pour les matériaux difficiles à couper tels que les alliages à base de nickel (Inconel 718, HRC 40-45) et l'acier au tungstène, avec une forte résistance aux chocs et à la chaleur, et une durée de vie de coupe allant jusqu'à 70-100 heures.

Le choix du matériau doit également tenir compte de sa conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage de titane 15-20 W/ m· K) et de sa température de coupe (500-800 °C) afin de garantir la stabilité de l'outil à haute température. Certains modèles haut de gamme ajoutent des traces de terres rares (Ce, Y, 0,1 %-0,3 %) pour optimiser la microstructure et améliorer la résistance à l'oxydation et à la propagation des fissures.

4. Fabrication de fraises à fileter en carbure monobloc

Le processus de fabrication implique plusieurs étapes de précision pour garantir les propriétés du matériau, la précision géométrique et la qualité de surface, qui sont décrites en détail ci-dessous :

Préparation des matières premières

La poudre de carbure de tungstène de haute pureté est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1\%$), du carbure de titane (TiC , 0,5 à 1 %) ou du carbure de niobium (NbC) est ajouté pour améliorer la résistance à l'usure et l'anti-adhérence. La granulométrie (0,5 à 2 microns) est contrôlée pour optimiser les performances de coupe. Le processus de mélange utilise un broyeur à boulets (vitesse 50 à 100 tr/min, durée 24 à 48 heures) et de l'éthanol ou de l'isopropanol est ajouté comme dispersant pour garantir l'uniformité de la poudre (ségrégation $< 1\%$) et éviter les différences locales de dureté.

Pressage

Une presse hydraulique applique une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche du corps de l'outil, d'une masse volumique de 14,5 à 15,2 g/cm³ . La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) améliore l'uniformité interne et la résistance aux fissures. La précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm, et des moules en acier haute résistance (dureté HRC 50-55) sont utilisés pour garantir une stabilité à long terme.

Frittage à haute température

Dans un four de frittage sous vide (pression de 10^{-2} Pa) ou sous hydrogène, la température est de 1400 °C à 1600 °C pendant 10 à 12 heures. Les pores et les composés volatils sont éliminés par chauffage progressif (50 °C par heure, 300 °C à 600 °C en préchauffage) pour former une structure très dense. Après frittage, la granulométrie est contrôlée à 1-2 microns et la distribution de la microdureté est uniforme (écart type < 50 HV).

Post-traitement

Après frittage, les ébauches sont tournées (voile externe $< 0,01$ mm, à l'aide d'outils CBN), rectifiées CNC cinq axes ultra-précises (précision du filetage $\pm 0,002$ mm, surface $Ra \leq 0,2$ micron) et polies miroir (arête $Ra \leq 0,05$ micron, à l'aide d'abrasifs diamantés d'une granulométrie de W0,5-W1,0). Certains modèles utilisent un polissage électrolytique (densité de courant 0,1-0,2 A/cm² , pH de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'électrolyte 2-3) ou une technologie de réglage fin au laser pour éliminer les micro-bavures afin d'améliorer encore le tranchant et la durabilité de la lame, et le chanfrein du bord (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) est utilisé pour améliorer la capacité à résister à l'affaissement du bord.

Revêtement

Le revêtement est appliqué par dépôt physique en phase vapeur (PVD) sous vide (pression 10^{-3} Pa, température 400-500 °C, vitesse de dépôt 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$). Les options incluent TiAlN (épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), ce qui réduit le coefficient de frottement ($< 0,3$) et prolonge considérablement la durée de vie (30 à 50 % supérieure à celle du non revêtu), notamment pour la découpe de matériaux collants (tels que l'acier inoxydable) ou l'usinage de trous profonds.

5. Paramètres techniques de la fraise à fileter en carbure monobloc

dureté

La dureté du substrat varie de 1800 à 2200 HV, et la dureté de surface après revêtement peut atteindre 3400 HV, ce qui est bien supérieur à celui de l'acier rapide (HSS, HV 800-900). La résistance aux chocs atteint 2000 à 2200 MPa, ce qui est adapté à la coupe intermittente et aux matériaux durs.

Résistance à la chaleur

600°C-1000° C, la stabilité thermique est meilleure que celle du HSS (coefficient de dilatation thermique $5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), évitant la dégradation des performances causée par le recuit à haute température ($> 800^\circ\text{C}$), et la charge thermique dans la zone de coupe peut être contrôlée à 500-700°C.

Vitesse de coupe (Vc)

Acier (tel que l'acier 45#, HRC 20-30)

50-150 m/min, valeur recommandée 100 m/min, une vitesse trop élevée (> 150 m/min) peut provoquer une surchauffe de l'outil.

Alliages de titane (tels que Ti-6Al-4V, HRC 30-35)

l'accumulation de chaleur causée par une faible conductivité thermique ($15-20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$).

Acier inoxydable (tel que 304, HRC 20-40)

40-120 m/min, valeur recommandée 80 m/min, le refroidissement doit être optimisé pour réduire l'adhérence.

Vitesse d'avance (fz)

0,01-0,15 mm/dent, 0,1-0,15 mm/dent pour l'usinage grossier (vitesse d'avance 600-900 mm/min), 0,01-0,05 mm/dent pour l'usinage fin (vitesse d'avance 300-600 mm/min), la valeur spécifique doit être ajustée en fonction du pas et de la rigidité de la machine.

Profondeur de coupe (ap)

0,05-3 mm, ébauche 0,5-3 mm, finition 0,05-1 mm. Une profondeur de coupe excessive ($> 1,5$ fois le diamètre de l'outil) peut provoquer des vibrations ou une déformation du filetage. Une coupe en couches (0,2-0,5 mm par couche) est recommandée.

tolérance

Tolérance de diamètre $\pm 0,01$ mm (qualité IT6), précision du filetage $< 0,005$ mm (qualité IT5),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

erreur de pas de filetage locale $< 0,002$ mm, convient aux connecteurs de haute précision.

Rugosité de surface

Le Ra de la surface de la pièce dans des conditions de finition peut atteindre 0,2 à 0,8 micron et le Ra 1,0 à 1,6 micron dans des conditions d'ébauche, en fonction des paramètres de coupe, de la viscosité du matériau et de l'état de l'outil.

6. Scénarios d'application des fraises à fileter en carbure monobloc

Les fraises à fileter en carbure monobloc excellent dans de nombreux secteurs industriels grâce à leur efficacité et leur précision. Parmi leurs applications spécifiques, on peut citer :

Pièces détachées automobiles

Usinage de filetages intérieurs de corps de cylindre de moteur (M10, profondeur 20 mm), vitesse de coupe 100 m/min, avance 0,05 mm/dent, profondeur de coupe 0,5 mm, surface Ra $< 1,0$ micron après usinage, garantissant étanchéité et résistance. Une usine automobile produit 500 000 corps de cylindre par an, avec une durée de vie de l'outil de 70 heures et une amélioration de 40 % du rendement.

Aérospatial

Fraisage de filetage de connecteur en alliage de titane (M8, profondeur 15 mm), vitesse de coupe 60 m/min, avance 0,03 mm/dent, profondeur de coupe 0,3 mm, précision $\pm 0,01$ mm, adapté aux composants de train d'atterrissage d'avion, une société aéronautique a traité 1 000 pièces avec un taux de réussite de 99,8 %.

Fabrication de moules

Trou fileté de matrice d'emboutissage de finition (M12, profondeur 30 mm), vitesse de coupe 80 m/min, avance 0,04 mm/dent, profondeur de coupe 0,4 mm, surface Ra $< 0,6$ micron, une usine de moules produit 2000 jeux de moules par an et le cycle de remplacement des outils est étendu à 80 heures.

Système hydraulique

Traitement du filetage extérieur du corps de vanne (Tr20, longueur 40 mm), vitesse de coupe 90 m/min, vitesse d'avance 0,06 mm/dent, profondeur de coupe 0,5 mm, précision IT6, un fabricant d'équipements hydrauliques a traité 5 000 corps de vanne et le taux de réussite du test de résistance du filetage était de 100 %.

7. Précautions d'emploi des fraises à fileter en carbure monobloc

Pour maximiser les performances et la durée de vie des fraises à fileter en carbure monobloc, faites attention aux détails suivants, couvrant l'équipement, le processus et la maintenance :

Sélection de la machine

Il est recommandé d'utiliser une machine-outil CNC à trois ou cinq axes (précision de la broche 0,005 mm, précision de répétabilité $\pm 0,003$ mm), de s'assurer que le faux-rond de la broche est inférieur à 0,005 mm, la puissance de la machine doit correspondre au diamètre de l'outil et aux paramètres de coupe (par exemple, un outil de 10 mm de diamètre nécessite une puissance de broche $\geq 3,5$ kW et un couple ≥ 20 Nm), et de vérifier la rigidité du rail de guidage (> 3000 N/ μm) pour

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

éviter les erreurs d'usinage.

Refroidissement et lubrification

Il est recommandé d'utiliser un fluide de coupe haute pression (pression 10 bar, débit 15-20 l/min, liquide de refroidissement à base d'ester synthétique) afin de réduire la température dans la zone de coupe ($< 500^{\circ}\text{C}$) et l'adhérence des copeaux. Pour la découpe de trous profonds ou de matériaux collants (comme l'acier inoxydable), l'effet de refroidissement doit être renforcé (débit porté à 25 l/min). La découpe à sec est uniquement adaptée aux usinages à faible vitesse ($V_c < 50 \text{ m/min}$) ou aux applications exigeant une protection environnementale élevée.

Optimisation des paramètres de coupe

Ajustez la vitesse de coupe et l'avance en fonction du matériau de la pièce et du type de filetage. Par exemple, pour l'usinage de l'acier, V_c est de 100 m/min, f_z de 0,05 mm/dent et a_p de 0,5 mm ; pour l'usinage d'un alliage de titane, la vitesse V_c est de 60 m/min, la vitesse f_z de 0,03 mm/dent et la vitesse a_p de 0,3 mm afin d'éviter l'usure de l'outil ou les brûlures de la pièce dues à une surcharge. Ces paramètres doivent être vérifiés par des essais de coupe et combinés à l'optimisation de la simulation FAO.

Installation et étalonnage

La queue et le mandrin doivent être bien ajustés. Utilisez un instrument de centrage laser ou un instrument de réglage d'outil pour vérifier la coaxialité. L'excentricité doit être contrôlée à 0,002 mm près. La force de serrage doit être uniforme (couple de serrage de 20 à 40 Nm, ajusté en fonction du diamètre de l'outil). Nettoyez les copeaux et l'huile restants dans le mandrin avant l'installation afin de garantir la propreté de la surface de contact.

Surveillance de l'usure

Vérifiez régulièrement l'état d'usure de la lame à l'aide d'une loupe grossissante 10x ou d'un rugosimètre. Lorsque l'usure en dépouille VB du tranchant atteint 0,3 mm, ou qu'il y a une déformation évidente du filetage (erreur de pas $> 0,005 \text{ mm}$), un écaillage du tranchant (largeur $> 0,05 \text{ mm}$) ou des rayures superficielles, l'outil doit être remplacé. Soyez également attentif à la couleur des copeaux (un blanc grisâtre est normal, le bleu ou le noir indique une surchauffe, et la valeur V_c doit être réduite de 10 à 15 % ou le refroidissement doit être augmenté). Il est recommandé de vérifier l'usure toutes les 10 heures d'usinage et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser la durée de vie.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à fileter en carbure monobloc, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



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

appendice:

JB/T 11744-2013

Fraises à queue à ondulation arrière en carbure monobloc

Fraises à queue à bord ondulé arrière en carbure intégral

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme JB/T 1-1996 « Règles d'élaboration des normes de l'industrie des machines ». Publiée pour la première fois, elle spécifie le type, les dimensions, les tolérances et les exigences techniques des fraises en carbure monobloc à arête arrière ondulée, adaptées à l'usinage à haut rendement et aux pièces complexes. Ses principales caractéristiques techniques incluent : l'introduction d'une conception à arête arrière ondulée pour optimiser le contrôle des copeaux, la mise à jour des séries de dimensions et le suivi des avancées technologiques internationales.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Institut de recherche sur les métaux de Xi'an. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises en carbure

monobloc à arête arrière ondulée. 1.2 La présente norme s'applique au fraisage de rainures, au fraisage latéral et au fraisage de profils pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure monobloc et est conforme à la norme GB/T 2072-2006.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises sans arête arrière ondulée ni à queue non droite.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

JB/T 1-1996, Règles pour l'élaboration des normes de l'industrie des machines

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cémenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 1641:1988, Fraises et forets à rainurer — Dimensions

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Fraise à queue cylindrique en carbure monobloc avec un bord ondulé à l'arrière du bord 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

pour améliorer l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations.

3.2 Bord ondulé arrière

L'arrière du bord de coupe a une structure en forme de vague pour améliorer la stabilité de coupe et l'efficacité d'évacuation des copeaux. 3.3 Nombre de bords de coupe Le nombre de bords de coupe d'un outil détermine l'efficacité de coupe et la qualité de surface.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : Longueur de coupe effective (mm)

d : Diamètre de la tige (mm)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : lame à onde arrière simple , spirale droite, 2 à 4 lames.

Type d'usinage grossier : 2-3 arêtes de coupe, amplitude de forme d'onde plus grande.

Type de finition : 4 à 6 arêtes de coupe, forme d'onde optimisée pour une conception fine.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 4 mm à 25 mm.

Longueur totale (L) : 60 mm à 150 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 70 mm.

Diamètre de la tige (d) : 4 mm à 25 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,01$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,3$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Angle d'hélice

Valeur standard : 30° (rotation à droite), plage : 15°-45°.

Recommandé pour la finition : 35°-40°.

5.5 lames

$D \leq 10$ mm : 2-3 lames .

$D > 10$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μ m) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-10 μ m) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $Ra \leq 0,1 \mu m$.

6.4 Conception de la lame à onde arrière

Amplitude de la forme d'onde : 0,1-0,3 mm, longueur d'onde 2-5 mm, contrôle optimisé de la puce.
Le bord ondulé et le bord tranchant ont une transition douce pour réduire les vibrations.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01$ mm. 7.2 La mesure de l'angle d'hélice doit être effectuée à l'aide d'un instrument de mesure d'angle avec une erreur de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# à une vitesse de coupe de 200 m/min et une durée de vie d'enregistrement ≥ 15 h.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).
8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, l'angle d'hélice et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-6×70-30°) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois ou un carton.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50^\circ C$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Nombre de lames	Angle d'hélice ($^\circ$)
4	60	15	4	2	30
6	70	20	6	2	30
12	100	40	12	3	35
25	150	70	25	6	40

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 31/12/2013

Date de mise en œuvre : 01/07/2014

Norme industrielle n° : JB/T 11744-2013

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Version simulée basée sur la structure de la norme JB/T 11744-2013 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises à arêtes arrière en carbure monobloc. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, certains détails techniques (tels que la plage de tailles et les paramètres de coupe) sont pris en compte, et les caractéristiques de conception uniques des fraises à arêtes arrière (telles que l'amplitude de la forme d'onde et l'effet de réduction des vibrations) sont référencées. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme JB/T 11744-2013 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

appendice:

fraise à bord ondulé arrière en carbure monobloc ?

Définition et fonction de la fraise à queue ondulée arrière en carbure monobloc

La fraise à ondulation arrière en carbure monobloc est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour un fraisage efficace et précis. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'aéronautique et la production de pièces automobiles. Sa principale caractéristique réside dans la forme ondulée de sa face arrière (c'est-à-dire sa face arrière est ondulée ou dentelée). Associée aux excellentes performances des matériaux en carbure monobloc, elle améliore considérablement les performances de coupe, réduit les vibrations et prolonge la durée de vie de l'outil. Fabriquée en carbure cimenté, cette fraise présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle permet de couper efficacement des matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane et les alliages haute température. Contrairement aux fraises traditionnelles, sa conception à arête ondulée arrière optimise l'écoulement des copeaux et la réduction des vibrations, ce qui la rend particulièrement adaptée à l'usinage de cavités complexes, de rainures profondes et de pièces à parois minces. Elle permet d'obtenir un traitement de surface de haute précision et de haute qualité (Ra 0,2-0,8 micron) sur machines-outils CNC ou centres d'usinage. Cet outil est largement utilisé pour la finition des empreintes de moules, le fraisage de pièces structurales pour l'aéronautique et l'usinage de pièces de moteurs automobiles. Son rendement élevé

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

(efficacité de coupe augmentée de 20 à 30 %) et sa stabilité le rendent populaire dans l'industrie manufacturière moderne. Sa grande flexibilité de conception permet de personnaliser la géométrie de la lame, les paramètres de forme d'onde et le type de revêtement en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Grâce aux progrès de la technologie de fabrication intelligente, cet outil peut également être intégré à un logiciel de FAO pour ajuster dynamiquement les paramètres de coupe et optimiser les résultats d'usinage.

Caractéristiques structurelles de la fraise à queue ondulée arrière en carbure monobloc

La fraise à queue en carbure monobloc à ondulation arrière vise à améliorer l'efficacité de coupe, la réduction des vibrations et l'évacuation des copeaux. Elle adopte généralement une structure à queue droite, une lame cylindrique ou sphérique et une conception ondulée unique sur la face arrière, combinée à une disposition multident pour s'adapter aux coupes à forte charge. Voici ses caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 2 mm à 32 mm, les micro-fraises ($D < 6$ mm) sont utilisées pour la gravure fine ou les micro- cavités, les moyennes ($D = 6-20$ mm) conviennent au fraisage général et les grandes ($D > 20$ mm) sont utilisées pour le traitement de grandes surfaces ou la découpe de rainures profondes.

Profil de lame : y compris la conception à fond plat, à tête sphérique ou à nez rond, l'espacement des pics d'onde (0,5-2 mm) et la profondeur d'onde (0,1-0,3 mm) de la lame d'onde arrière peuvent être personnalisés, et la précision du profil est contrôlée à $\pm 0,005$ mm grâce au meulage CNC.

Longueur totale (L) : 50 mm à 250 mm, convient aux petits centres d'usinage CNC (50-100 mm) jusqu'aux centres d'usinage lourds (150-250 mm), extra-long (300 mm) pour l'usinage de cavités profondes.

Longueur de coupe effective (l) : 5 mm à 150 mm, le traitement peu profond (5-30 mm) convient à la finition de surface, le traitement profond (50-150 mm) convient aux cavités profondes ou à la coupe à plusieurs niveaux.

Diamètre de la tige (d) : Plage de 3 mm à 32 mm, classe de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), le diamètre maximal prend en charge une transmission de couple élevée.

Angle d'hélice : 20° - 45° , la valeur standard est de 30° - 35° , évacuation optimisée des copeaux, 35° - 40° est couramment utilisé pour la finition.

tranchants : 2 à 8 tranchants , 2 à 4 pour les petits diamètres, 4 à 8 pour les diamètres moyens et grands.

La conception du bord arrière ondulé réduit la concentration des forces de coupe grâce à sa face arrière ondulée (taux de dispersion des forces de 15 à 20 %). La lame est rectifiée avec une précision extrême (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir des contours lisses ($Ra \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg) et les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (pression de 5 à 10 bars) pour améliorer la gestion thermique et l'efficacité de l'évacuation des copeaux.

3. Matériau de fraise à bord ondulé arrière en carbure monobloc

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la structure à fines particules assure résistance à l'usure et stabilité. Les nuances courantes sont :
YG6X : Dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté à l'acier trempé.
YT15 : Dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté aux alliages haute température.
YW2T : Dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs, spécialement conçu pour les matériaux difficiles à traiter.

Fabrication de fraises à queue ondulée arrière en carbure monobloc

Le processus de fabrication comprend :

de la matière première : Mélanger la poudre de carbure de tungstène et la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1\%$), ajouter du TiC ou du NbC, granulométrie 0,5 à 2 microns, broyer à boulets pendant 24 à 48 heures.

Pressage : Presse hydraulique de 150-200 MPa, densité 14,5-15,2 g/cm³, utilisant la technologie CIP.

Frittage haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures.

Post-traitement : tournage (voile < 0,01 mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage ($Ra \leq 0,05$ microns).

TiAlN (3-8 microns) ou DLC (1-3 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement.

Paramètres techniques de la fraise à queue ondulée arrière en carbure monobloc

Dureté : substrat HV 1800-2200, revêtu HV 3400. Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (V_c) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent. Profondeur de coupe (ap) : 0,05-5 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du profil < 0,005 mm. Rugosité de surface : Ra 0,2-0,8 microns.

Scénarios d'application des fraises à queue ondulée arrière en carbure monobloc

de moules : Finition des empreintes de moules (profondeur 20-50 mm), $Ra < 0,4$ micron.

Aéronautique : Fraisage de pales d'ailes en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm), précision $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Traitement de rainures de culasse (largeur 10-20 mm), $Ra < 0,6$ microns.

Industrie électronique : Traitement des cavités de boîtier (profondeur 5-15 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

Précautions d'emploi des fraises à queue ondulée arrière en carbure monobloc

Machine-outil : CNC cinq axes, faux-rond < 0,005 mm, puissance de broche ≥ 5 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 20 L/min).

Paramètres : V_c 150 m/min, fz 0,05 mm/dent, ap 1 mm.

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 30-50 Nm.

Usure : Remplacer lorsque le VB atteint 0,3 mm ou lorsque la lame est ébréchée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à ondulation arrière en carbure monobloc, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



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:

JB/T 7972-1999

Fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure

Fraises à queue conique hélicoïdale en carbure

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme JB/T 1-1996 « Règles d'élaboration des normes de l'industrie des machines ». Elle remplace la norme JB/T 7972-1995 « Fraises à queue conique hélicoïdale en carbure ». Par rapport à la norme JB/T 7972-1995, les principales modifications techniques comprennent : la mise à jour des dimensions et des tolérances des fraises à queue conique, l'ajout d'instructions d'application des revêtements, l'ajustement de l'angle d'hélice et des spécifications de conception du nombre de lames, et un alignement partiel sur les pratiques internationales.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises à queue conique en carbure cimenté à dents hélicoïdales . 1.2 La présente norme s'applique au fraisage de rainures, au fraisage latéral et au fraisage de profils pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure cimenté et est conforme à la norme GB/T 2072-2006. La queue conique est conforme à la norme de cône 7:24.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises à denture non hélicoïdale ou à queue non conique.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

JB/T 1-1996, Règles pour la rédaction des normes de l'industrie des machines

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cimenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 6108:1978, Fraises — Dimensions d'interchangeabilité des mandrins porte-fraises ou des mandrins porte-fraises à cône 7:24

3 Termes et définitions

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Les fraises à queue conique hélicoïdale en carbure sont des fraises à queue conique en carbure monobloc avec un tranchant en spirale oblique, utilisées pour la coupe du métal.

3.2 L'angle d'inclinaison du tranchant biseauté par rapport à l'axe de l'outil affecte l'enlèvement des copeaux et les performances de coupe. 3.3 Queue conique 7:24 Une queue avec une conicité de 7:24 (7 mm par 100 mm de longueur) utilisée pour se connecter à la broche de la machine-outil.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : longueur de coupe effective (mm)

d : Diamètre de la petite extrémité de la tige conique (mm)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : dents hélicoïdales simples, droite ou gauche, 2 à 4 dents.

Type d'usinage grossier : 2-3 arêtes de coupe, rainures à copeaux plus profondes.

Type de finition : 4-6 arêtes de coupe, angle de biseau 30°-45°.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 6 mm à 32 mm.

Longueur totale (L) : 80 mm à 200 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 80 mm.

Diamètre de la petite extrémité de la tige conique (d) : 16 mm à 32 mm, conformément à la norme ISO 6108:1978.

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,02$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,5$ mm.

Tolérance de la tige conique : $\pm 0,01$ mm/100 mm.

5.4 Biseau

Valeur standard : 30° (rotation à droite), plage : 15°-45°.

Recommandé pour la finition : 35°-40°.

5.5 lames

$D \leq 12$ mm : 2-3 lames.

$D > 12$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μm) ou revêtement CVD (TiN + Al_2O_3 , épaisseur 5-10 μm) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2\text{ }\mu\text{m}$.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 La mesure du biseau doit être effectuée à l'aide d'un instrument de mesure d'angle avec une erreur de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# avec une vitesse de coupe de 200 m/min et une durée de vie d'enregistrement $\geq 10\text{ h}$.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, l'angle de biseau et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-12 $\times$ 100-30°) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50\text{ }^\circ\text{C}$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Diamètre de la petite extrémité de la tige conique (d, mm)	Nombre de lames	Angle de biseau ($^\circ$)
6	80	15	16	2	30
12	120	30	20	3	30
20	160	50	25	4	35
32	200	80	32	6	40

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 30/12/1999

Date de mise en œuvre : 2000-07-01

Norme industrielle n° : JB/T 7972-1999

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Version simulée basée sur la structure de la norme JB/T 7972-1999 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises coniques hélicoïdales en carbure cémenté . Cet article prend en compte certains détails techniques (tels que la plage de tailles et les paramètres de coupe) et se réfère aux caractéristiques générales de conception et de fabrication des fraises coniques (telles que la conicité 7:24 et l'application du revêtement) afin de garantir la cohérence et la cohérence du contenu. Il est toutefois recommandé de se procurer le texte officiel de la norme JB/T 7972-1999 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à queue conique hélicoïdale en carbure ?

1. Définition et fonction de la fraise conique hélicoïdale en carbure cémenté

La fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour un fraisage efficace et précis. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la fabrication d'équipements énergétiques et d'autres secteurs. Ses principales caractéristiques sont l'utilisation de dents hélicoïdales (conception à angle d'hélice) et d'une structure à queue conique (cône Morse ou cône SK), combinées aux excellentes performances du carbure cémenté. Elle offre une stabilité élevée, une grande précision et un excellent effet d'évacuation des copeaux. La fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure cémenté présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle permet d'usiner efficacement des matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane, les alliages à base de nickel et les métaux non ferreux (tels que les alliages d'aluminium et de cuivre).

angle de coupe incliné optimise la force de coupe et la réduction des vibrations . La structure conique de la tige renforce la liaison rigide entre l'outil et la broche de la machine (force de serrage pouvant atteindre 5 000 à 10 000 N), ce qui le rend particulièrement adapté à l'usinage de cavités complexes,

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

de rainures profondes et de pièces à surfaces latérales et inclinées. Souvent utilisé avec des machines-outils à commande numérique (CNC), des centres d'usinage ou des fraiseuses lourdes, cet outil est performant pour la finition de moules, le fraisage de pièces structurales pour l'aéronautique et l'usinage de vilebrequins automobiles. Son rendement élevé (augmentation de 15 à 25 % du rendement de coupe) et sa stabilité en font un choix idéal pour les applications d'usinage exigeantes. Il offre une grande flexibilité de conception et permet de personnaliser l'angle d'hélice, les paramètres de conicité et la géométrie de la lame en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut également être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les trajectoires et les paramètres de coupe afin d'améliorer la précision d'usinage et la durée de vie de l'outil.

Caractéristiques structurelles de la fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure

Les fraises à queue conique hélicoïdale en carbure visent à obtenir une coupe efficace, une réduction des vibrations et une connexion rigide. Elles adoptent généralement une structure à queue conique (cône Morse 1/10 ou standard SK40/50), avec une disposition hélicoïdale multidents sur l'arête de coupe, combinant coupe radiale et axiale pour répondre aux exigences d'usinage multidirectionnel. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 6 mm à 40 mm, les micro-fraises ($D < 10$ mm) sont utilisées pour le traitement fin, les moyennes ($D = 10-25$ mm) conviennent au fraisage général et les grandes ($D > 25$ mm) sont utilisées pour la coupe lourde ou le traitement de grandes surfaces.

Spécifications de la tige conique : Conforme aux normes du cône Morse (MT2-MT4) ou du cône SK (SK40-SK50), la précision du cône est contrôlée au niveau AT3 (erreur de cône $< 0,005$ mm) pour assurer un ajustement serré avec la broche, la longueur de la tige conique (50-150 mm) est personnalisée en fonction du modèle de machine-outil.

Longueur totale (L) : 100 mm à 300 mm, convient aux CNC lourdes (100-200 mm) ou aux grands centres d'usinage (200-300 mm), extra long (350 mm) pour l'usinage de cavités profondes ou de longs porte-à-faux.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 200 mm, le traitement peu profond (10-50 mm) convient à la finition de surface, le traitement profond (100-200 mm) convient aux cavités profondes ou à la coupe en plusieurs étapes, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 4:1-6:1.

Diamètre de la queue (d) : Le grand diamètre de l'extrémité de la queue conique est compris entre 6 et 40 mm, avec une tolérance $h6$ ($0/-0,006$ mm). Le petit diamètre diminue en fonction de la conicité pour assurer une force de serrage progressive.

Angle d'hélice : 25° - 50° , la valeur standard est de 30° - 40° , la conception des dents hélicoïdales optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, 40° - 45° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, et 25° - 30° peut être sélectionné pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 2 à 10 arêtes, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 15$ mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm) en comportent 6 à 10. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

Français La conception des dents hélicoïdales réduit l'impact des forces de coupe (taux de dispersion de la force de 20 à 30 %) en inclinant l'arête de coupe (angle de 5 à 10°). L'arête de coupe est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir des contours lisses ($Ra \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5 à 1,5 mm, pression 5 à 15 bars) ou de rainures antivibratoires, qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 25 à 35 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 600 °C), adaptés à l'usinage continu à forte charge ou à la coupe de trous profonds.

3. Matériau de la fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure.

YT15 : Carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages haute température.

YW2T : Contient du carbure de tantale, dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs, spécialement conçu pour les alliages de titane et les alliages à base de nickel.

Le choix du matériau doit prendre en compte la conductivité thermique de la pièce (40-50 W/ m·K pour l'acier, 15-20 W/ m·K pour l'alliage de titane) et la température de coupe (600-900°C).

Fabrication de fraises à queue conique à dents hélicoïdales en carbure

Le processus de fabrication comprend :

de la matière première : Mélanger la poudre de carbure de tungstène et la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1$ %), ajouter du TiC ou du NbC, granulométrie 0,5-2 microns, et broyer à boulets pendant 24 à 48 heures.

Pressage : Presse hydraulique de 150-200 MPa, densité 14,5-15,2 g/cm³, utilisant la technologie CIP.

Frittage haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures.

Post-traitement : tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage ($Ra \leq 0,05$ microns).

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Paramètres techniques de la fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-5 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du contour $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,2-0,8 microns.

6. Scénarios d'application des fraises à queue conique à dents hélicoïdales en carbure cimenté

de moules : Finition des flancs du moule (profondeur 20-50 mm), Ra $< 0,4$ micron.

Aéronautique : Fraisage de cadres en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Usinage de rainures de vilebrequin (largeur 10-20 mm), Ra $< 0,6$ microns.

énergétiques : Traitement des cavités d'aubes de turbine (profondeur 15-40 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

7. Précautions d'emploi des fraises coniques hélicoïdales en carbure

Machine-outil : CNC cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 20 L/min).

Paramètres : Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/dent, ap 1 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 30-50 Nm.

Usure : Remplacer lorsque le VB atteint 0,3 mm ou lorsque la lame est ébréchée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises coniques à dents hélicoïdales en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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

appendice:

JB/T 7971-1999

Fraise à queue droite à engrenage hélicoïdal en carbure

Fraises à queue droite hélicoïdales en carbure

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme JB/T 1-1996 « Règles d'élaboration des normes de l'industrie des machines ». Elle remplace la norme JB/T 7971-1995 « Fraises hélicoïdales à queue cylindrique en carbure ». Par rapport à la norme JB/T 7971-1995, les principales modifications techniques comprennent : la mise à jour des dimensions et des tolérances des fraises hélicoïdales, l'ajout d'instructions d'application des revêtements, l'ajustement de l'angle d'hélice et des spécifications de conception du nombre de lames, et un alignement partiel sur les pratiques internationales.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises à queue cylindrique à dents hélicoïdales en carbure cimenté.

1.2 La présente norme s'applique au fraisage de rainures, au fraisage latéral et au fraisage de profils pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure cimenté et est conforme à la norme GB/T 2072-2006.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises à denture non hélicoïdale ou à queue cylindrique.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

JB/T 1-1996, *Règles pour la rédaction des normes de l'industrie des machines*

GB/T 2072-2006, *Exigences techniques pour le carbure cimenté*

GB/T 1800.1-2009, *Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement*

ISO 1641:1988, *Fraises et forets à rainurer — Dimensions*

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Les fraises à queue cylindrique hélicoïdale en carbure sont des fraises à queue cylindrique en

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

carbure monobloc, avec un tranchant en spirale oblique, utilisées pour la coupe du métal. 3.2 L'angle d'inclinaison du tranchant biseauté par rapport à l'axe de l'outil affecte l'enlèvement des copeaux et les performances de coupe.

3.3 Nombre d'arêtes de coupe Le nombre d'arêtes de coupe d'un outil détermine l'efficacité de coupe et la qualité de surface.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : Longueur de coupe effective (mm)

d : Diamètre de la tige (mm)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : dents hélicoïdales simples, droite ou gauche, 2 à 4 dents.

Type d'usinage grossier : 2-3 arêtes de coupe, rainures à copeaux plus profondes.

Type de finition : 4-6 arêtes de coupe, angle de biseau 30°-45°.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 3 mm à 20 mm.

Longueur totale (L) : 50 mm à 150 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 70 mm.

Diamètre de la tige (d) : 3 mm à 20 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,01$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,3$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Biseau

Valeur standard : 30° (rotation à droite), plage : 15°-45°.

Recommandé pour la finition : 35°-40°.

5.5 lames

$D \leq 10$ mm : 2-3 lames .

$D > 10$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μ m) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-10 μ m) .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $Ra \leq 0,1 \mu m$.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée

conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01$ mm. 7.2 La mesure du biseau doit être effectuée à l'aide d'un instrument de mesure d'angle avec une erreur de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# avec une vitesse de coupe de 200 m/min et une durée de vie d'enregistrement ≥ 15 h.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, l'angle de biseau et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-6 $\times$ 70-30°) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois ou un carton.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50^\circ C$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Nombre de lames	Angle de biseau ($^\circ$)
3	50	10	3	2	30
6	70	20	6	2	30
12	100	40	12	3	35
20	150	70	20	6	40

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3

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 (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 30/12/1999

Date de mise en œuvre : 2000-07-01

Norme industrielle n° : JB/T 7971-1999

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur la structure de la norme JB/T 7971-1999 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises hélicoïdales à queue cylindrique en carbure. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, cet article suppose certains détails techniques (tels que la plage de dimensions, les paramètres de coupe) et se réfère aux caractéristiques générales de conception et de fabrication des fraises hélicoïdales (telles que l'angle de biseau et l'application du revêtement). Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme JB/T 7971-1999 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

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:

Qu'est-ce qu'une fraise à queue droite hélicoïdale en carbure ?

1. Définition et fonction de la fraise à queue cylindrique hélicoïdale en carbure

La fraise cylindrique hélicoïdale en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour un fraisage efficace et précis. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile et la production de pièces mécaniques. Ses principales caractéristiques sont la conception hélicoïdale (spirale) et la structure de connexion de la tige cylindrique, combinées aux excellentes performances du carbure, permettant une coupe fluide, une évacuation optimale des copeaux et une meilleure précision d'usinage. La fraise cylindrique hélicoïdale en carbure est dotée d'une dureté élevée (HV 1800-2200), d'une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle convient à la coupe de divers matériaux à haute résistance, tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et les métaux non ferreux (tels que les alliages d'aluminium et de cuivre). La conception à denture hélicoïdale réduit l'impact de la force de coupe et les vibrations (amplitude réduite de 20 à 30 %) grâce à l'arête de coupe inclinée. La structure à queue droite (généralement cylindrique, conformément aux normes DIN 6535 HA ou HB) est facile à installer et à remplacer et convient parfaitement aux machines-outils à commande numérique (CNC), aux centres d'usinage et aux fraiseuses manuelles. L'outil permet de réaliser efficacement le fraisage latéral, le rainurage, l'usinage d'empreintes et le fraisage de contours, avec une qualité de surface allant jusqu'à Ra 0,2 à 0,8 micron et une précision de tolérance de IT5 à IT7. Il est particulièrement adapté à l'usinage de pièces de taille moyenne et de géométries complexes. Comparées aux fraises à denture droite traditionnelles, les fraises à denture hélicoïdale à queue droite réduisent considérablement le bruit de coupe (jusqu'à 65 à 70 dB) et l'usure de l'outil (durée de vie accrue de 15 à 25 %), et offrent d'excellentes performances en production à haut rendement. Il offre une grande flexibilité de conception et permet de personnaliser le nombre de dents, l'angle d'hélice et la géométrie de la lame en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Grâce au développement d'une technologie de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les trajectoires et les paramètres de coupe.

2. Caractéristiques structurelles de la fraise à queue droite à dents hélicoïdales en carbure

La conception structurelle des fraises hélicoïdales à queue cylindrique en carbure vise à améliorer l'efficacité de coupe, à réduire les vibrations et à faciliter l'installation. Elles adoptent généralement une structure à queue cylindrique et une disposition hélicoïdale multident sur l'arête de coupe, combinant des capacités de coupe radiale et axiale pour répondre aux exigences d'usinage multidirectionnel. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 3 mm à 32 mm, les micro-fraises ($D < 6$ mm) sont utilisées pour le traitement fin ou les micro-cavités, les moyennes ($D = 6-20$ mm) conviennent au fraisage général

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et les grandes ($D > 20 \text{ mm}$) sont utilisées pour le traitement de grandes surfaces ou la découpe de rainures profondes.

Spécifications de la tige : conformément aux normes DIN 6535 HA (tige plate) ou HB (sans tige), le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe, degré de tolérance h6 ($0/-0,006 \text{ mm}$), la longueur de la tige ($40-150 \text{ mm}$) est personnalisée en fonction de la profondeur de traitement et des exigences de serrage de la machine.

Longueur totale (L) : 60 mm à 250 mm , convient aux petits centres d'usinage CNC ($60-120 \text{ mm}$) ou de taille moyenne ($150-250 \text{ mm}$), extra-long (300 mm) pour l'usinage de cavités profondes ou de longs porte-à-faux.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 150 mm , le traitement peu profond ($10-40 \text{ mm}$) convient à la finition de surface, le traitement profond ($80-150 \text{ mm}$) convient aux cavités profondes ou à la coupe en plusieurs étapes, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 3:1-5:1.

Diamètre de la tige (d) : varie de 3 mm à 32 mm , correspondant au diamètre de coupe, le plus grand diamètre prend en charge la transmission de couple moyen (plage de couple $5-40 \text{ Nm}$), la surface de la tige est rectifiée pour assurer la stabilité du serrage.

Angle d'hélice : $25^\circ-50^\circ$, la valeur standard est de $30^\circ-40^\circ$, la conception des dents hélicoïdales optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, $40^\circ-45^\circ$ est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, et $25^\circ-30^\circ$ peut être sélectionné pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 2 à 10 arêtes, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 10 \text{ mm}$) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 10 \text{ mm}$) en comportent 6 à 10. L'augmentation du nombre d'arêtes de coupe peut améliorer l'efficacité, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

Français La conception des dents hélicoïdales réduit la concentration des forces de coupe (taux de dispersion de la force de 20 à 30 %) en inclinant l'arête de coupe (angle de 5° à 10°). L'arête de coupe est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002 \text{ mm}$) pour garantir des contours lisses ($R_a \leq 0,05 \text{ micron}$). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre $< 5 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{kg}$, testé à $12\,000 \text{ tr/min}$) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005 \text{ mm}$). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre $0,5$ à 1 mm , pression 5 à 10 bars) ou de rainures anti-vibrations, qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 500^\circ \text{C}$), adaptés à l'usinage en continu ou à la coupe de rainures profondes.

3. Matériau de la fraise à queue droite hélicoïdale en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt de 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé (tel que 40Cr) et à la fonte, avec une excellente résistance à l'usure et une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

durée de vie de coupe allant jusqu'à 50-70 heures.

YT15 : Carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages haute température (tels que l'Inconel 625), la durée de vie peut atteindre 60-80 heures.

YW2T : Contient du carbure de tantale (TaC), dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs, spécialement conçu pour l'alliage de titane et l'alliage à base de nickel, la durée de vie peut atteindre 70-100 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la conductivité thermique de la pièce (40-50 W/ m·K pour l'acier et 15-20 W/ m·K pour l'alliage de titane) et de la température de coupe (500-800 °C). Certains modèles ajoutent des traces de terres rares (comme le Ce, 0,1 %-0,3 %) pour optimiser la microstructure.

4. Fabrication de fraises à queue droite à dents hélicoïdales en carbure

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1 \%$), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : Presse hydraulique de 150 à 200 MPa, densité de 14,5 à 15,2 g/cm³ , utilisant la technologie CIP pour améliorer l'uniformité.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : tournage (voile < 0,01 mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage ($R_a \leq 0,05$ microns).

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement.

5. Paramètres techniques de la fraise à queue droite à engrenage hélicoïdal en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-5 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du contour <0,005 mm.

Rugosité de surface : R_a 0,2-0,8 microns.

6. Scénarios d'application des fraises à queue droite hélicoïdales en carbure

de moules : Finition des flancs du moule (profondeur 20-50 mm), $R_a < 0,4$ micron.

Aéronautique : Fraisage de cadres en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

automobile : Usinage de rainures de vilebrequin (largeur 10-20 mm), $Ra < 0,6$ microns.

Pièces mécaniques : Usinage de rainures d'engrenages (profondeur 15-40 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

7. Précautions d'emploi des fraises hélicoïdales à queue droite en carbure

Machines-outils : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 3 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15 L/min).

Paramètres : V_c 150 m/min, f_z 0,05 mm/dent, a_p 1 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 20-40 Nm.

Usure : Remplacer lorsque le VB atteint 0,3 mm ou lorsque la lame est ébréchée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises hélicoïdales à queue cylindrique en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité ! Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

GB/T 6120-2012
Fraise à lame de scie
Scies à refendre

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 6120-1996 « Fraises à lame de scie ». Par rapport à la norme GB/T 6120-1996, les principales modifications techniques comprennent : la mise à jour des exigences de dimensions et de tolérances des fraises à lame de scie, l'ajout d'instructions sur la diversité des matériaux, l'ajustement des spécifications de conception des dents et l'équivalence partielle avec la norme ISO 481:1990. Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises à lame de scie.

1.2 La présente norme s'applique au rainurage, au découpage et à l'usinage de parois minces pour l'usinage des métaux. Les matériaux utilisés pour les outils comprennent l'acier rapide (HSS) et le carbure cémenté, conformes aux normes GB/T 2072-2006 et GB/T 9943-2002. 1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises sans lame de scie ni aux outils de coupe pour matériaux non métalliques.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cémenté

GB/T 9943-2002, Spécification pour les aciers à outils rapides

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 481:1990, Scies à refendre à dents fines et grossières — Dimensions

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

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à cette norme :

3.1 Fraise à lame de scie

Outil de coupe en forme de disque mince avec plusieurs dents de coupe, utilisé pour le rainurage et le cloisonnement, peut être fabriqué en acier rapide ou en carbure.

3.2 Pas des dents La distance entre les dents

de coupe adjacentes, affectant l'efficacité de coupe et la qualité de surface.

3.3 Épaisseur L'épaisseur axiale de la fraise à lame de scie, qui détermine la largeur de la rainure.

4 Symboles et abréviations

D : diamètre extérieur (mm), d : diamètre du trou (mm), T : épaisseur (mm), Z : nombre de dents,

HSS : acier rapide

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : dents fines ou dents grossières, nombre de dents 20-100, épaisseur 0,5-8 mm.

Type d'usinage brut : nombre de dents 20-50, épaisseur 2-8 mm.

Type de finition : nombre de dents 50-100, épaisseur 0,5-3 mm.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre extérieur (D) : 40 mm à 300 mm.

Ouverture (d) : 16 mm à 50 mm, conformément à la tolérance h7 (GB/T 1800.1-2009).

Epaisseur (T) : 0,5 mm à 8 mm.

5.3 Tolérance

Tolérance sur le diamètre extérieur : $\pm 0,02$ mm (nuance IT6). Tolérance sur le diamètre du trou : h7 (0/-0,010 mm). Tolérance sur l'épaisseur : $\pm 0,01$ mm.

5.4 Nombre de dents (Z)

$D \leq 150$ mm : 20-70 dents. $D > 150$ mm : 70-100 dents.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Acier rapide (HSS) : Conforme à la norme GB/T 9943-2002. Les nuances recommandées sont M2 (HV 800-850) et M35 (HV 850-900).

Carbure cémenté : Conforme à la norme GB/T 2072-2006, la nuance recommandée est YG6 (HV 1800-1900).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN, TiCN, épaisseur 2-5 μ m) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃, épaisseur 5-10 μ m).

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2$ μ m.

6.4 Conception de la forme des dents

La forme de la dent est un angle de coupe positif ou un angle de coupe nul, et le chanfrein de la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pointe de la dent est de 0,1 à 0,2 mm.

Les dents fines conviennent au rainurage précis, les dents grossières à la séparation rapide.

7 Méthodes d'essai

7.1 Mesure des dimensions

Conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013, utilisez un pied à coulisse ou un projecteur avec une précision de $\pm 0,01$ mm. 7.2 Essai de rainurage Usinez une rainure de 2 mm de large sur un échantillon d'acier 45# et vérifiez la verticalité et la qualité de surface de la paroi de la rainure.

7.3 Test de performance de coupe Vitesse de coupe 150 m/min (HSS) ou 200 m/min (alliage dur), durée de vie ≥ 10 h.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre extérieur, l'épaisseur, la taille des pores et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être ≤ 2 %, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que M2-100×2×25 ou YG6-150×4×32) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées (> 50 °C) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre extérieur (D, mm)	Épaisseur (T, mm)	Ouverture (d, mm)	Nombre de dents (Z)	Type de matériau
40	0,5	16	20	HSS
100	2	vingt-deux	40	HSS/Alliage dur
200	4	32	70	carbure cimenté
300	8	50	100	carbure cimenté

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-250	0,05-0,2	1-3
fonte	150-350	0,05-0,3	1-4

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 (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
alliage d'aluminium	200-500	0,1-0,4	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 31/12/2012

Date de mise en œuvre : 01/07/2013

Norme nationale n° : GB/T 6120-2012

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en fraises en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « Chinatungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

GB/T 14301-2008

Lame de scie en carbure monobloc pour fraise Scies à refendre en carbure intégral

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 14301-1993 « Fraises à lames de scie en carbure monobloc ». Par rapport à la norme GB/T 14301-1993, les principales modifications techniques comprennent : la mise à jour des exigences de dimensions et de tolérances des fraises à lames de scie, l'ajout d'instructions d'applicabilité des revêtements, l'ajustement des spécifications de conception des dents et l'équivalence partielle avec la norme ISO 481:1990.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises à lame de scie en carbure monobloc.

1.2 La présente norme s'applique au rainurage, au découpage et à l'usinage de parois minces pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure monobloc et est conforme à la norme GB/T 2072-2006.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises sans lame de scie ni aux outils de coupe en matériaux autres que le carbure monobloc.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cémenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 481:1990, Scies à refendre à dents fines et grossières — Dimensions

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à cette 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

3.1 La fraise à lame de scie en carbure monobloc est un outil de coupe en forme de disque mince en carbure monobloc et équipé de plusieurs dents de coupe pour le rainurage et le cloisonnement.

3.2 Le pas des dents est

la distance entre les dents de coupe adjacentes, qui affecte l'efficacité de coupe et la qualité de surface.

3.3 L'épaisseur

est l'épaisseur axiale de la fraise à lame de scie, qui détermine la largeur de la rainure.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre extérieur (mm)

d : Ouverture (mm)

T : Épaisseur (mm)

Z : Nombre de dents

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : dents fines ou grossières, nombre de dents 20-80, épaisseur 1-6 mm.

Type d'usinage brut : nombre de dents 20-40, épaisseur 2-6 mm.

Type de finition : nombre de dents 40-80, épaisseur 1-3 mm.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre extérieur (D) : 50 mm à 200 mm.

Ouverture (d) : 16 mm à 40 mm, conformément à la tolérance h7 (GB/T 1800.1-2009).

Épaisseur (T) : 1 mm à 6 mm.

5.3 Tolérance

Tolérance du diamètre extérieur : $\pm 0,02$ mm (grade IT6).

Tolérance du diamètre du trou : h7 (0/-0,010 mm).

Tolérance d'épaisseur : $\pm 0,01$ mm.

5.4 Nombre de dents (Z)

$D \leq 100$ mm : 20-50 dents.

$D > 100$ mm : 50-80 dents.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN, TiCN, épaisseur 2-5 μ m) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃, épaisseur 5-10 μ m).

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2$ μ m.

6.4 Conception de la forme des dents

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La forme de la dent est un angle de coupe positif ou un angle de coupe nul, et le chanfrein de la pointe de la dent est de 0,1 à 0,2 mm.

7 Méthodes d'essai

7.1 Mesure des dimensions

Conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013, utilisez un pied à coulisse ou un projecteur avec une précision de $\pm 0,01$ mm. 7.2 Essai de rainurage Usinez une rainure de 2 mm de large sur un échantillon d'acier 45# et vérifiez la verticalité et la qualité de surface de la paroi de la rainure.

7.3 Test de performance de coupe Vitesse de coupe 150 m/min, durée de vie ≥ 10 h.

8 Règles d'inspection

8,15 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre extérieur, l'épaisseur, la taille des pores et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être ≤ 2 %, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-100×2×25) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées (> 50 °C) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre extérieur (D, mm)	Épaisseur (T, mm)	Ouverture (d, mm)	Nombre de dents (Z)
50	1	16	20
100	2	vingt-deux	40
150	4	32	60
200	6	40	80

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-250	0,05-0,2	1-3
fonte	150-350	0,05-0,3	1-4
alliage d'aluminium	200-500	0,1-0,4	2-5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 10/10/2008

Date de mise en œuvre : 01/01/2009

Norme nationale n° : GB/T 14301-2008

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version simulée basée sur la structure de la norme GB/T 14301-2008 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises à lame de scie en carbure monobloc. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, nous supposons certains détails techniques (tels que la plage de dimensions et les paramètres de coupe) et nous référons aux caractéristiques générales de conception et de fabrication des fraises à lame de scie (telles que la forme des dents et l'application du revêtement). Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme GB/T 14301-2008 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

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:

Qu'est-ce qu'une fraise à lame de scie en carbure monobloc ?

1. Définition et fonction de la fraise à lame de scie en carbure monobloc

La fraise à lame de scie en carbure monobloc est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour une coupe et un rainurage efficaces. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, le travail du bois, la transformation des matériaux composites et la fabrication de moules. Sa principale caractéristique est sa conception en tôle fine avec de multiples arêtes de coupe dentelées continues. Associée aux excellentes performances des matériaux en carbure monobloc, elle permet une coupe à grande vitesse, un refendage précis et un rainurage de haute qualité. La fraise à lame de scie en carbure monobloc présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle convient à la coupe de divers matériaux, notamment l'acier (HRC 20-50), l'acier inoxydable, les alliages d'aluminium, les matériaux composites (comme le plastique renforcé de fibres de carbone CFRP), le bois et les matériaux non métalliques (comme la résine phénolique). Grâce à sa conception multidentée et à sa vitesse de rotation élevée (jusqu'à 18 000 tr/min), cette fraise à lame de scie permet la coupe de parois minces, le rainurage étroit et le refendage. Il est particulièrement adapté aux applications exigeant une haute précision et des coupes lisses, telles que le rainurage de composants électroniques, le refendage de pièces de structure aéronautique et le rainurage de moules. Comparé aux fraises à lame de scie en acier rapide traditionnelles, cet outil améliore considérablement l'efficacité de coupe (augmentation de 30 à 40 %), la qualité de surface (Ra 0,4 à 1,2 micron) et la durée de vie (50 à 120 heures), devenant ainsi le choix incontournable pour l'usinage de rainures et de refends dans l'industrie manufacturière moderne. Sa conception est très flexible et le nombre, la forme et le diamètre extérieur des dents peuvent être personnalisés en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Grâce aux progrès de la technologie de fabrication intelligente, cet outil peut être intégré aux logiciels de FAO pour optimiser dynamiquement les paramètres de coupe et améliorer ainsi la précision d'usinage et la durabilité de l'outil.

2. Caractéristiques structurelles de la fraise à lame de scie en carbure monobloc

La conception structurelle de la fraise à lame de scie en carbure monobloc vise à obtenir une coupe efficace, une coupe précise et une excellente évacuation des copeaux. Elle adopte généralement un disque fin, une queue cylindrique ou une structure de serrage spéciale, et une disposition continue de plusieurs dents de scie sur la lame, combinée à des capacités de coupe radiale pour répondre à divers besoins d'usinage. Voici ses caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre extérieur (D) : allant de 10 mm à 150 mm, les petites fraises à lame de scie ($D < 30$ mm) sont utilisées pour le traitement des rainures fines, les moyennes ($D = 30-80$ mm) conviennent à la coupe générale et les grandes ($D > 80$ mm) sont utilisées pour le refendage de grandes surfaces ou le traitement des rainures profondes.

Épaisseur (T) : 0,5 mm à 5 mm, le type fin ($T < 1$ mm) est utilisé pour les micro-rainures ou le refendage, le type moyen et épais ($T = 1-3$ mm) convient au traitement des rainures standard et le

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

type épais ($T > 3$ mm) est utilisé pour la coupe intensive.

Longueur totale (L) : 40 mm à 200 mm, convient aux petites CNC (40-100 mm) ou aux centres d'usinage lourds (150-200 mm), extra long (250 mm) pour les rainures profondes ou la découpe multicouche.

Largeur de coupe effective (W) : 0,5 à 5 mm, selon l'épaisseur, détermine la largeur de la fente ou de la coupe. Le micro-usinage ($W < 1$ mm) convient aux composants électroniques de précision, tandis que l'usinage à grande échelle ($W > 3$ mm) convient aux pièces structurales.

Diamètre de la tige (d) : Plage de 6 mm à 32 mm, classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm), assurant un ajustement serré avec le mandrin ou la broche, le plus grand diamètre supporte une transmission de couple moyenne.

Angle d'hélice : 0° - 30° (certains modèles sont à dents droites, 0°), la valeur standard est de 10° - 20° , ce qui optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations. 15° - 20° est couramment utilisé pour le traitement fin afin d'améliorer la qualité de surface, et 0° - 10° peut être utilisé pour le traitement grossier afin d'améliorer la résistance.

Nombre de dents : 10 à 100 dents de coupe, selon le diamètre extérieur et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 30$ mm) comportent 10 à 30 dents, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 30$ mm) en comportent 40 à 100. L'augmentation du nombre de dents peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support de machine-outil très rigide.

La conception dentelée permet une coupe fluide grâce à des arêtes de coupe continues (angle de pointe de dent 15° - 25°), et la lame est usinée par rectification CNC ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un profil de dent lisse ($Ra \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, testé à 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la rotation à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de rainures latérales pour copeaux (largeur 0,5-1 mm) ou de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-1 mm, pression 5-10 bar), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 25 % à 35 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 400^{\circ}\text{C}$), ce qui convient à l'usinage continu à forte charge ou à la coupe de parois minces.

3. Matériau de la fraise à lame de scie en carbure monobloc

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 60-80 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C , convient à l'acier inoxydable et aux alliages d'aluminium, durée de vie jusqu'à 70-90 heures.

K20 : Teneur en cobalt 8 %, dureté HV 1700-1800, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement conçu pour le bois et les matériaux composites, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 20-50, alliage d'aluminium HB 50-100) et de sa conductivité thermique (acier 40-50 W/m·K, alliage d'aluminium

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

200-250 W/ m· K). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) pour optimiser la résistance à la chaleur.

4. Fabrication de lames de scie et de fraises en carbure monobloc

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1$ %), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³ , la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage ($Ra \leq 0,05$ microns), finition des dents avec abrasifs diamantés.

TiAlN (3-8 microns) ou DLC (1-3 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

5. Paramètres techniques de la fraise à lame de scie en carbure monobloc

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : Acier 50-200 m/min, Alliage d'aluminium 100-300 m/min, Bois 200-400 m/min.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,3 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-10 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision de la forme des dents $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,4-1,2 microns.

6. Scénarios d'application de la fraise à lame de scie en carbure monobloc

de moules : Traitement de rainures de refendage de moules (largeur 1-3 mm, profondeur 20-50 mm), $Ra < 0,8$ micron.

Aéronautique : Découpe de panneaux CFRP (épaisseur 5-15 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Traitement de rainures de radiateur en alliage d'aluminium (largeur 2-5 mm), $Ra < 1,0$ micron.

Travail du bois : Découpe de planches de bois dur (épaisseur 10-30 mm), surface lisse.

7. Précautions d'emploi d'une fraise à lame de scie en carbure monobloc

Machines- outils : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 3 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15 L/min) ou air comprimé (6 bar).

Paramètres : Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/dent, ap 2 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 20-40 Nm.

Usure : Remplacer lorsque l'usure de la pointe de la dent VB atteint 0,3 mm ou qu'une rupture de dent se produit.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres secteurs. Si vous avez besoin de lames de scie et de fraises en carbure monobloc, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

GB/T 10948-2006

Fraise à rainurer en T en carbure

Fraises à rainurer en T en carbure

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 10948-1992 « Fraises à rainurer en T en carbure ». Par rapport à la norme GB/T 10948-1992, les principales modifications techniques comprennent : la mise à jour des dimensions et des exigences de tolérance des fraises à rainurer en T, l'ajout d'instructions d'applicabilité des revêtements, l'ajustement des spécifications de conception des arêtes de coupe et l'harmonisation avec les pratiques internationales. Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances, les exigences techniques, les méthodes d'essai, les règles de contrôle et de marquage, l'emballage, le transport et le stockage des fraises à rainurer en T en carbure cimenté.

1.2 La présente norme s'applique à l'usinage des rainures en T pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure cimenté et est conforme à la norme GB/T 2072-2006. 1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises autres qu'à rainurer en T ni aux outils de coupe en carbure non cimenté.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, *Lignes directrices pour les travaux de normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes*

GB/T 2072-2006, *Exigences techniques pour le carbure cimenté*

GB/T 1800.1-2009, *Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement*

ISO 3338-1:1986, *Fraises à rainurer en T — Partie 1 : Dimensions et désignation*

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Fraise à rainurer en T en carbure Outil de coupe rotatif en carbure, utilisé pour usiner des rainures

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 T, avec des capacités de coupe latérale et frontale.

3.2

Rainure en T Fente avec une section transversale en forme de T, utilisée pour installer des boulons en T ou fixer des pièces. 3.3 Arête de coupe latérale Outil avec une arête de coupe circonférentielle, utilisé pour usiner les parois latérales d'une rainure en T.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

d : Diamètre de la tige (mm)

H : hauteur de la rainure en T (mm)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Standard : Fraise à rainurer en T à une extrémité avec 4 à 8 arêtes de coupe et arêtes de coupe latérales décalées.

Type d'usinage grossier : 4 à 6 arêtes de coupe, rainure de coupe plus profonde.

Type de finition : 6-8 bords, bords latéraux lisses.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 8 mm à 40 mm.

Longueur totale (L) : 80 mm à 200 mm.

Diamètre de la tige (d) : 10 mm à 32 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

Hauteur de la rainure en T (H) : 5 mm à 20 mm.

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,02$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,5$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

Tolérance de hauteur de la rainure en T : $\pm 0,1$ mm.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μ m) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-10 μ m) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure ≥ 70 N.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2$ μ m .

6.4 Conception de pointe

les lames de coupe latérales sont disposées de manière décalée et le nombre de lames est ajusté en

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

fonction du diamètre.

Capacité de coupe frontale : assure une coupe initiale lisse.

7 Méthodes d'essai

7.1 Mesure des dimensions

Conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013, utiliser un pied à coulisse ou un projecteur avec une précision de $\pm 0,01$ mm. 7.2 Essai d'usinage de rainures en T Usinage d'une rainure en T de 20 mm de profondeur sur un échantillon d'acier 45# pour vérifier la précision de la rainure et la qualité de la surface. 7.3 Essai de performance de coupe Vitesse de coupe 150 m/min, durée de vie ≥ 10 h.

8 Règles d'inspection

8,15 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, la hauteur de la rainure en T et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être ≤ 2 %, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-12 $\times$ 100-H10) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées (> 50 °C) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Hauteur de la rainure en T (H, mm)	Nombre de lames
8	80	10	5	4
12	120	12	8	5
20	160	20	12	6
40	200	32	20	8

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-250	0,1-0,3	1-3
fonte	150-350	0,1-0,4	1-4
alliage	200-500	0,2-0,5	2-5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
d'aluminium			

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 30/12/2006

Date de mise en œuvre : 01/07/2007

Norme nationale n° : GB/T 10948-2006

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à rainure en T en carbure ?

1. Définition et fonction de la fraise à rainurer en T en carbure

La fraise à rainurer en T en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour l'usinage de rainures en T ou en queue d'aronde. Elle est largement utilisée dans l'usinage, la fabrication de moules, l'industrie automobile, l'aérospatiale et la production de pièces de machines lourdes. Sa principale caractéristique réside dans sa lame en T ou en queue d'aronde. Grâce aux excellentes performances du carbure cémenté, elle permet de découper et de former efficacement une rainure avec une arillon ou une structure porteuse. Elle est particulièrement adaptée aux pièces nécessitant une connexion ou un guidage à haute résistance. La fraise à rainurer en T en carbure cémenté présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle convient à la découpe de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), la fonte et les alliages d'aluminium. La fraise à rainurer en T permet de réaliser en une seule opération des rainures en T, des rainures en queue d'aronde ou des structures similaires sur des machines CNC ou des fraiseuses spéciales grâce à sa géométrie de lame unique. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT5-IT7 et la qualité de surface peut atteindre Ra 0,4-1,0 micron. Elle est largement utilisée pour la fabrication de rainures en T, de rainures de guidage et de rainures de positionnement de moules sur les établis de machines-outils. Comparé à l'usinage multi-outils traditionnel ou à l'usinage pas à pas, cet outil améliore considérablement l'efficacité d'usinage (augmentation de 25 à 35 %) et la régularité des rainures (erreur < 0,01 mm). Il est performant dans les situations exigeant une précision et une durabilité élevées. Il offre une grande flexibilité de conception et permet de personnaliser la taille et l'angle de la lame en fonction de la largeur et de la profondeur de la rainure et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, cet outil peut être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les trajectoires et les paramètres de coupe.

2. Caractéristiques structurelles de la fraise à rainurer en T en carbure

La conception structurelle des fraises à rainurer en T en carbure vise à obtenir un rainurage précis, à réduire les vibrations et à évacuer efficacement les copeaux. Elles adoptent généralement une structure à queue droite ou conique, avec une disposition multidentée en T ou en queue d'aronde sur la lame, et combinent des capacités de coupe radiale et axiale pour s'adapter à l'usinage de rainures complexes. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 8 mm à 50 mm, les petites fraises à rainures en T ($D < 15$ mm) sont utilisées pour le micro-rainurage, les fraises de taille moyenne ($D = 15-30$ mm) conviennent aux rainures en T générales et les grandes ($D > 30$ mm) sont utilisées pour les rainures de machines-outils lourdes ou la découpe de rainures profondes.

Largeur de rainure (W) : 2 mm à 20 mm, correspondant à la largeur en T de la lame, le micro-traitement ($W < 5$ mm) convient aux pièces de précision, le moyen ($W = 5-12$ mm) est utilisé pour les rainures de machines-outils standard et le grand ($W > 12$ mm) convient aux structures à forte charge.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Longueur totale (L) : 60 mm à 300 mm, convient aux petites CNC (60-150 mm) ou aux centres d'usinage lourds (200-300 mm), extra long (350 mm) pour la découpe de rainures profondes ou multicouches.

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 200 mm, le traitement peu profond (15-50 mm) convient aux rainures de surface, le traitement profond (100-200 mm) convient aux rainures en T profondes ou à la coupe en plusieurs étapes, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 4:1-6:1.

Diamètre de la tige (d) : Plage de 6 mm à 32 mm, classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm), assurant un ajustement serré avec le mandrin ou la broche, le diamètre maximal prend en charge une transmission de couple élevée.

Angle d'hélice : 20°-40°, la valeur standard est de 25°-35°, ce qui optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations. 35°-40° sont couramment utilisés pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, et 20°-25° peuvent être utilisés pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 2 à 8 arêtes de coupe, selon le diamètre et la largeur de la rainure, 2 à 4 pour les petits diamètres ($D < 15$ mm), 6 à 8 pour les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm). L'augmentation du nombre d'arêtes de coupe peut améliorer l'efficacité, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

La conception de la lame en forme de T forme une rainure porteuse à travers une structure barbelée (angle 15°-30°), et la lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour assurer un profil de rainure lisse ($Ra \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 12000 tr/min) pour réduire les vibrations pendant la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de rainures latérales pour copeaux (largeur 0,5-1 mm) ou de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-1,5 mm, pression 5-15 bar), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 20 % à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 600 °C), adaptées à l'usinage continu à forte charge ou à la coupe de rainures profondes.

3. Matériau de la fraise à rainurer en T en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 60-80 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, convient à l'acier inoxydable et aux alliages d'aluminium, durée de vie jusqu'à 70-90 heures.

YW2T : Contient du carbure de tantale (TaC), dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs, spécialement conçu pour l'alliage de titane et l'alliage à base de nickel, la durée de vie peut atteindre 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100) et de sa conductivité thermique (acier 40-50 W/m·K, alliage d'aluminium

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

200-250 W/ m· K). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) pour optimiser la résistance à la chaleur.

4. Fabrication de fraises à rainures en T en carbure

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1 \%$), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³ , la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : Tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage (Ra $\leq 0,05$ microns), finition du bord en T avec abrasif diamanté.

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

5. Paramètres techniques de la fraise à rainurer en T en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-150 m/min pour l'acier, 100-250 m/min pour l'alliage d'aluminium, 60-180 m/min pour la fonte.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-10 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision de la largeur de la fente $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,4-1,0 microns.

6. Scénarios d'application des fraises à rainures en T en carbure

Fabrication de machines-outils : usinage de rainures en T de table de travail (largeur 10-15 mm, profondeur 30-50 mm), Ra $< 0,8$ microns.

de moules : Découpe de rainures de positionnement de moules (largeur 5-10 mm), précision $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Usinage de rainures en T sur supports moteur (profondeur 20-40 mm), Ra $< 0,6$ microns.

Aéronautique : Usinage de rainures de guidage (largeur 8-12 mm) avec une précision de $\pm 0,005$ mm.

7. Précautions d'emploi des fraises à rainurer en T en carbure

Machines-outils : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15-20 L/min).

Paramètres : Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/dent, ap 2 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 30-50 Nm.

Usure : Remplacer lorsque l'usure de la lame VB atteint 0,3 mm ou que la rainure est déformée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à rainurer en T en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



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

appendice:

GB/T 25992-2010

Dimensions de la fraise à bout sphérique à tige droite en carbure monobloc et céramique

Dimensions du carbure intégral et de la céramique

Fraises à queue sphérique à queue droite

Préface

Cette norme est rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Publiée pour la première fois, elle spécifie les dimensions, les tolérances et les méthodes de marquage des fraises hémisphériques à queue cylindrique en carbure monobloc et en céramique, adaptées aux surfaces courbes complexes et à l'usinage de contours tridimensionnels. Ses principales caractéristiques techniques sont : une série de dimensions unifiées pour les fraises hémisphériques à queue cylindrique, une applicabilité accrue des matériaux céramiques et une équivalence partielle avec la norme ISO 1641:1988.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Les unités de rédaction de cette norme sont : la Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd. et l'Institut de recherche sur les métaux de Xi'an. Les principaux rédacteurs de cette norme sont :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie les dimensions, les tolérances, les types et les méthodes de marquage des fraises hémisphériques à queue cylindrique en carbure monobloc et en céramique.

1.2 La présente norme s'applique au fraisage de contours tridimensionnels et à l'usinage de surfaces complexes pour la coupe de matériaux métalliques et non métalliques. Les matériaux des outils comprennent le carbure et la céramique. 1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises hémisphériques ni aux outils à queue cylindrique.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cimenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 1641:1988, Fraises et forets à rainurer — Dimensions

3 Termes et définitions

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Fraise à queue sphérique à queue droite en carbure monobloc

Une fraise à queue droite en carbure monobloc fritté, avec un nez sphérique à l'extrémité de coupe, utilisée pour l'usinage de contours tridimensionnels.

3.2 Fraise à queue sphérique à queue droite en céramique Une fraise à queue droite en matériau céramique (tel que Al_2O_3 ou Si_3N_4), avec un nez sphérique à l'extrémité de coupe, adaptée à la coupe à grande vitesse.

3.3 Rayon du nez sphérique Le rayon de la partie sphérique de l'extrémité de coupe, qui affecte la précision du traitement de surface.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : Longueur de coupe effective (mm)

d : Diamètre de la tige (mm)

R : Rayon du nez sphérique (mm)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : tête sphérique à une extrémité, hélice à droite, 2 à 4 lames.

Type d'usinage grossier : 2-3 arêtes de coupe, rainures à copeaux plus profondes.

Type de finition : nombre d'arêtes 4-6, angle d'hélice 30° - 45° .

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 1 mm à 20 mm.

Longueur totale (L) : 50 mm à 150 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 60 mm.

Diamètre de la tige (d) : 3 mm à 20 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

Rayon du nez (R) : 0,5 mm à 10 mm.

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,01$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,3$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

Tolérance du rayon du nez sphérique : $\pm 0,005$ mm.

5.4 Angle d'hélice

Valeur standard : 30° (rotation à droite), plage : 15° - 45° .

Recommandé pour la finition : 35° - 40° .

5.5 lames

$D \leq 8$ mm : 2-3 lames .

$D > 8$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

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

6.1 Matériaux

Carbure cimenté : conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900) et YT15 (HV 1900-2000).

Céramiques : Oxyde d'aluminium (Al_2O_3 , HV 2000-2500) ou nitrure de silicium (Si_3N_4 , HV 1800-2200) .

6.2 Revêtement

PVD (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μm) ou CVD (TiN + Al_2O_3 , épaisseur 5-10 μm) .

Les outils en céramique ne nécessitent pas de revêtement.

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,1\ \mu\text{m}$.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être

effectuée conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 Le rayon du nez sphérique doit être mesuré à l'aide d'un testeur de circularité avec une erreur de $\pm 0,005\text{ mm}$. 7.3 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# (pour le carbure cimenté) ou des échantillons de céramique SiC (pour la céramique) à une vitesse de coupe de 200 m/min (pour le carbure cimenté) ou de 500 m/min (pour la céramique) avec une durée de vie $\geq 10\text{ h}$.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, le rayon du nez sphérique et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-6×70-R3-30° ou Al_2O_3 - 10×100-R 5) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utiliser de l'huile anti-rouille et un joint de sac en plastique (alliage dur), les outils en céramique sont protégés par de la mousse et placés dans des boîtes en bois ou des cartons.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50\text{ }^\circ\text{C}$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

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

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Rayon du nez (R, mm)	Nombre de lames	Angle d'hélice (°)
1	50	10	3	0,5	2	30
6	70	20	6	3	2	30
12	100	40	12	6	3	35
20	150	60	20	10	6	40

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)	Matériaux applicables
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3	carbure cimenté
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4	carbure cimenté
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5	carbure cimenté
Substrat en céramique	300-800	0,05-0,2	0,5-2	céramique

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 01/12/2010 Date d'entrée en vigueur : 01/07/2011

Norme nationale n° : GB/T 25992-2010 Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

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:

Qu'est-ce qu'une fraise à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc ?

1. Définition et fonction de la fraise à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc

La fraise boule à queue cylindrique en carbure monobloc est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour l'usinage de surfaces tridimensionnelles de précision et le fraisage d'empreintes complexes. Elle est largement utilisée dans la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production de dispositifs médicaux et l'usinage de précision. Sa principale caractéristique réside dans la forme sphérique de son arête de coupe, combinée à la structure de la queue cylindrique et aux excellentes performances des matériaux en carbure monobloc. Elle permet un usinage de surface lisse, un profilage de haute précision et une excellente qualité de surface. La fraise boule à queue cylindrique en carbure monobloc utilise du carbure comme base, présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle convient à la coupe de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et les alliages d'aluminium. La conception de la tête sphérique la rend particulièrement adaptée à l'usinage de surfaces de formes libres, d'empreintes de moules, d'aubes d'avion et de formes géométriques complexes sur machines-outils à commande numérique (CNC) ou centres d'usinage multiaxes. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT5-IT7, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,1-0,6 micron. Comparé aux fraises à fond plat traditionnelles, cet outil offre une plus grande flexibilité (absence de marques angulaires) et une meilleure stabilité de coupe (vibrations réduites de 15 à 25 %) en usinage tridimensionnel, et est performant en finition et en finition de moules. Sa conception est très flexible, et le rayon de la tête sphérique, le nombre de dents et l'angle d'hélice peuvent être personnalisés en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à des logiciels de FAO (tels que PowerMill et Fusion 360) pour optimiser dynamiquement les trajectoires et les paramètres de coupe afin d'améliorer l'efficacité d'usinage et la durée de vie de l'outil.

2. Caractéristiques structurelles de la fraise à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc

La conception structurelle des fraises hémisphériques à queue cylindrique en carbure monobloc vise à obtenir un usinage de surface précis, une réduction des vibrations et une évacuation efficace des copeaux. Elles adoptent généralement une structure à queue cylindrique (conforme aux normes DIN 6535 HA ou HB), une tête sphérique et une disposition hélicoïdale multident pour s'adapter aux usinages tridimensionnels complexes. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 2 mm à 32 mm, les micro-fraises à boulets ($D < 6$ mm) sont utilisées pour la gravure fine ou les micro- cavités, les moyennes ($D = 6-20$ mm) conviennent au traitement de surface général et les grandes ($D > 20$ mm) sont utilisées pour la découpe de grandes surfaces ou de cavités profondes.

Rayon de la tête sphérique (R) : 1 mm à 16 mm, correspondant au diamètre, le micro-traitement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

($R < 3$ mm) convient à la finition fine, le moyen ($R = 3-10$ mm) est utilisé pour les cavités de moule, le grand ($R > 10$ mm) est utilisé pour les pièces d'aviation, et la précision du rayon est contrôlée à $\pm 0,005$ mm.

Longueur totale (L) : 50 mm à 250 mm, convient aux petits centres d'usinage CNC (50-120 mm) ou de taille moyenne (150-250 mm), extra-long (300 mm) pour l'usinage de cavités profondes ou de longs porte-à-faux.

Longueur de coupe effective (l) : 5 mm à 150 mm, le traitement peu profond (5-30 mm) convient à la finition de surface, le traitement profond (80-150 mm) convient aux cavités profondes ou à la coupe à plusieurs niveaux, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 3:1-5:1.

Diamètre de la tige (d) : plage de 3 mm à 32 mm, classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm), assurant un ajustement serré avec le mandrin ou la broche, le plus grand diamètre prend en charge la transmission de couple moyen (plage de couple 5-40 Nm).

Angle d'hélice : 25° - 50° , la valeur standard est de 30° - 40° , la conception des dents hélicoïdales optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, 40° - 45° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, et 25° - 30° peut être sélectionné pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 2 à 8 arêtes, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 10$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm) en comportent 6 à 8. L'augmentation du nombre d'arêtes de coupe peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

L'arête de coupe sphérique adopte une face d'extrémité sphérique (erreur de rayon $< 0,002$ mm) et est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un profil de surface lisse ($R_a \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 12 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-1 mm, pression 5-10 bar) ou de rainures antivibratoires, qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 500^{\circ}\text{C}$), adaptés à l'usinage en continu ou à la coupe en cavités profondes.

3. Matériau de la fraise à queue sphérique à tige droite en carbure monobloc

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé (tel que 40CrMnMo) et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 50-70 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C , convient à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie jusqu'à 60-80 heures.

YW2T : Contient du carbure de tantale (TaC), dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

spécialement conçu pour les alliages à base de nickel et les matériaux difficiles à traiter, la durée de vie peut atteindre 70-100 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la conductivité thermique de la pièce (40-50 W/ m·K pour l'acier et 15-20 W/ m·K pour l'alliage de titane) et de la température de coupe (500-800 °C). Certains modèles ajoutent des traces de terres rares (comme le Ce, 0,1 %-0,3 %) pour optimiser la microstructure.

4. Fabrication de fraises à queue cylindrique en carbure monobloc

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1$ %), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³, la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage (Ra $\leq 0,05$ microns) et finition de la tête sphérique avec abrasif diamanté.

TiAlN (3-8 microns) ou DLC (1-3 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

5. Paramètres techniques de la fraise à queue sphérique à queue droite en carbure monobloc

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-150 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane, 100-250 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-5 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision de la tête sphérique $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,1-0,6 microns.

6. Scénarios d'application des fraises à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc

de moules : Finition des surfaces de moules (profondeur 20-50 mm), Ra $<0,4$ micron.

Aéronautique : Fraisage de pales en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Traitement de surface de culasse (surface 0,1-0,5 m²), Ra $<0,3$ micron.

Dispositifs médicaux : Traitement des cavités implantaires (profondeur 5-15 mm) avec une précision de $\pm 0,005$ mm.

7. Précautions d'emploi des fraises à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Machines-outils : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond < 0,005 mm, puissance de broche ≥ 3 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15 L/min).

Paramètres : Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/dent, ap 1 mm.

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 20-40 Nm.

Usure : Remplacez la rotule lorsque l'usure du VB atteint 0,3 mm ou que la surface est rayée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à queue cylindrique en carbure monobloc, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



appendice:

GB/T 16770.1-2008

Fraises à queue droite en carbure monobloc

Partie 1 : Types et dimensions

Fraises à queue droite en carbure intégral

— Partie 1 : Types et dimensions

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 16770.1-1997 « Fraises à queue cylindrique en carbure monobloc, partie 1 : types et dimensions ». Par rapport à la norme GB/T 16770.1-1997, les principales modifications techniques comprennent : la mise à jour de la gamme de dimensions et des exigences de tolérance des fraises à queue cylindrique, l'ajout d'instructions d'applicabilité du revêtement, l'ajustement de l'angle d'hélice et du nombre d'arêtes, et l'équivalence avec la norme ISO 1641.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction de cette norme : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Principaux rédacteurs de cette norme :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances et le mode de marquage des fraises à queue cylindrique en carbure monobloc.

1.2 La présente norme s'applique au fraisage de rainures, au fraisage latéral et au fraisage de contours pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure monobloc et est conforme à la norme GB/T 2072-2006.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises qui ne sont pas à queue cylindrique ou qui ne sont pas en carbure monobloc.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, *Lignes directrices pour les travaux de normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes*

GB/T 2072-2006, *Exigences techniques pour le carbure cimenté*

GB/T 1800.1-2009, *Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement*

ISO 1641:1988, *Fraises et forets à rainurer — Dimensions*

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

3 Termes et définitions

Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Les fraises à queue cylindrique en carbure monobloc

sont des fraises à queue cylindrique en carbure monobloc, dont la partie coupante et la queue ne font qu'un, utilisées pour la coupe du métal. 3.2 Angle d'hélice L'angle de l'arête de coupe par rapport à l'axe de l'outil affecte l'évacuation des copeaux et les performances de coupe. 3.3 Nombre d'arêtes de coupe Le nombre d'arêtes de coupe d'un outil détermine l'efficacité de coupe et la qualité de surface.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : longueur de coupe effective (mm)

d : Diamètre de la tige (mm)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : dents hélicoïdales simples, droite ou gauche, 2 à 4 dents.

Type d'usinage grossier : augmentez la profondeur de la rainure de la puce et le nombre d'arêtes est de 2 à 3.

Type de finition : nombre d'arêtes 4-6, angle d'hélice 30°-45°.

Type de tête sphérique : utilisé pour le traitement de surface complexe, avec 2 à 4 arêtes de coupe.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 1 mm à 25 mm.

Longueur totale (L) : 50 mm à 150 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 70 mm.

Diamètre de la tige (d) : 3 mm à 25 mm, conformément à la tolérance h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,01$ mm (grade IT6).

Tolérance de longueur : $\pm 0,3$ mm.

Tolérance du diamètre de la tige : h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Angle d'hélice

Valeur standard : 30° (rotation à droite), plage : 15°-45°.

Recommandé pour la finition : 35°-40°.

5.5 lames

$D \leq 10$ mm : 2-3 lames.

$D > 10$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conformément à la norme GB/T 2072-2006, les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900)

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 YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μm) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-10 μm) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,1\ \mu\text{m}$.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée

conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 La mesure de l'angle d'hélice doit être effectuée à l'aide d'un instrument de mesure d'angle avec une erreur de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# à une vitesse de coupe de 200 m/min et une durée de vie d'enregistrement $\geq 15\text{ h}$.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, l'angle d'hélice et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-6 $\times$ 60-30°) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois ou un carton.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50\text{ }^\circ\text{C}$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Diamètre de la tige (d, mm)	Nombre de lames	Angle d'hélice ($^\circ$)
1	50	10	3	2	30
6	70	20	6	2	30
12	100	40	12	3	35
25	150	70	25	6	40

Annexe B : Recommandations relatives aux données 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

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 10/10/2008

Date de mise en œuvre : 01/01/2009

Norme nationale n° : GB/T 16770.1-2008

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à queue droite en carbure monobloc ?

1. Définition et fonction du foret étagé en carbure

Le foret étagé en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour l'usinage de trous à ouvertures multiples ou étagés . Il est largement utilisé dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'industrie automobile, l'aérospatiale, la fabrication d'équipements énergétiques et la production de pièces mécaniques de précision. Sa principale caractéristique réside dans la conception étagée ou multi-diamètres de sa lame. Grâce aux excellentes performances du carbure, il permet d'usiner des trous ou des sections de transition de différents diamètres en un seul perçage, réduisant ainsi considérablement le temps de traitement. Le foret étagé en carbure utilise une base en carbure, présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Il convient au perçage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. La géométrie unique de la lame du foret étagé (comprenant généralement 2 à 5 niveaux de diamètre) optimise l'effort de coupe et l'évacuation des copeaux. Il est parfaitement adapté aux machines-outils à commande numérique (CNC), aux perceuses, aux centres d'usinage ou aux équipements multi-axes spéciaux. Il permet l'usinage efficace de trous étagés, fraisés, chanfreinés et de transition, avec une précision d'usinage de IT6 à IT8 et une rugosité de surface de Ra 0,4 à 1,2 micron. Comparés au perçage étagé traditionnel ou à l'usinage multi-outils, les forets étagés en carbure améliorent considérablement l'efficacité d'usinage (augmentation de 40 à 60 %), la régularité du diamètre du trou (erreur < 0,01 mm), la durée de vie de l'outil (50 à 120 heures) et la qualité de surface de la pièce (jusqu'à Ra localement 0,2 micron). Ils sont performants dans les situations nécessitant des assemblages, des assemblages ou des perçages fonctionnels de haute précision. Sa conception est extrêmement flexible, et la taille de la lame, l'angle et le système de refroidissement peuvent être personnalisés en fonction de la combinaison de diamètres de trou, de la profondeur, du matériau de la pièce et de l'environnement d'usinage. Grâce aux progrès des technologies de fabrication intelligente (comme l'Industrie 4.0 et les ateliers numériques), cet outil s'intègre parfaitement aux logiciels de CAO/FAO avancés (tels que Siemens NX et Mastercam). Grâce au retour d'informations en temps réel et à l'optimisation des algorithmes, la trajectoire de perçage, la vitesse et l'avance peuvent être ajustées dynamiquement pour s'adapter aux propriétés mécaniques et aux caractéristiques de conductivité thermique des différents matériaux.

2. Caractéristiques structurelles des forets étagés en carbure

La conception structurelle des forets étagés en carbure vise à obtenir un perçage multi-étages efficace, une excellente évacuation des copeaux et une excellente résistance aux vibrations. Ils adoptent généralement une structure à queue droite (conformément à la norme DIN 6535 HA/HB) ou conique (BT40, CAT50), avec une disposition multi-arêtes étagée sur la lame, associée à une capacité de coupe axiale permettant l'usinage de trous complexes. Voici ses caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diamètre (D) : allant de 3 mm à 40 mm, les micro-forets étagés ($D < 6$ mm) sont utilisés pour le traitement des micro-trous (tels que les trous de composants électroniques), les forets de taille moyenne ($D = 6-20$ mm) conviennent aux trous étagés généraux (tels que les pièces automobiles), les grands ($D > 20$ mm) sont utilisés pour le perçage intensif (tels que les corps de vannes hydrauliques), et les combinaisons de diamètres d'étape peuvent être personnalisées (telles que 3-5 mm, 10-15 mm, 20-25 mm).

Type de tige : tige droite (DIN 6535 HA tige plate ou HB sans tige) ou tige conique (BT40, CAT50), le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe maximal, classe de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), longueur de la tige (40-200 mm) personnalisée en fonction de la profondeur de traitement et des exigences de serrage de la machine, la conception de la tige conique améliore la transmission de couple élevé (plage de couple 20-80 Nm).

Longueur totale (L) : 60 mm à 350 mm, convient aux petites CNC (60-150 mm), aux centres d'usinage de taille moyenne (200-300 mm) ou aux équipements lourds (300-350 mm), extra-long (400 mm) pour le perçage de trous étagés profonds (profondeur jusqu'à 15D).

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 250 mm, le perçage peu profond (15-60 mm) convient aux trous étagés de surface, le perçage profond (150-250 mm) convient aux trous étagés profonds ou à plusieurs niveaux, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre maximal est généralement contrôlé à 3:1-10:1.

Angle d'hélice : 20° - 40° , la valeur standard est de 25° - 35° , la conception en spirale optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, 30° - 35° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de la paroi du trou, 20° - 25° peuvent être sélectionnés pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance, certains modèles personnalisés prennent en charge l'angle d'hélice progressif (10° - 35°) pour s'adapter à la découpe de trous profonds.

Nombre d'arêtes de coupe : 2 à 8 arêtes, selon le diamètre et le nombre de crans. La conception standard est à double tranchant. Chaque cran supplémentaire permet d'augmenter d'une à deux arêtes. Pour les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm), le nombre d'arêtes peut atteindre 4 à 8 pour une meilleure efficacité de coupe. L'écartement des arêtes $< 0,02$ mm garantit une force de coupe uniforme.

Le tranchant étagé adopte une transition de diamètre multi-niveaux (différence de diamètre de chaque niveau de 0,5 à 5 mm, angle de transition de 5° à 15°) et est usiné par une rectifieuse CNC cinq axes de haute précision (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir que le contour de chaque étape est lisse ($Ra \leq 0,05$ micron) et exempt de défauts microscopiques. Le corps du foret est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 12 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors du perçage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés d'orifices de refroidissement internes (diamètre 0,3 à 1,5 mm, pression 5 à 15 bars) ou de rainures latérales pour copeaux (largeur 0,5 à 1 mm), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 500 °C), adaptés au perçage de trous profonds multi-niveaux ou au traitement de matériaux collants. Certains modèles introduisent également une technologie anti-vibration, comme des rainures d'amortissement des vibrations ou des tiges composites, pour réduire le bruit de coupe (jusqu'à 60-65 dB) et réduire la micro-déformation de la pièce (déformation $< 0,01$ mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. Matériau du foret étagé en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6 X : La teneur en cobalt est de 6 %, la dureté HV 1800-1900, la résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 60-80 heures.

YT 15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 70-100 heures.

K 30 : Teneur en cobalt 8%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement conçu pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (500-800 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) afin d'optimiser la résistance à la chaleur, la résistance à l'oxydation et l'uniformité microstructurale.

4. Fabrication de forets étagés en carbure

Le procédé de fabrication des forets étagés en carbure est un processus hautement sophistiqué et exigeant en technologie. Il implique de multiples étapes clés, de la préparation des matières premières au revêtement final, afin de garantir la précision géométrique, la durabilité et la stabilité des performances de l'outil. Voici un aperçu détaillé du procédé de fabrication, avec des informations complémentaires, des paramètres techniques et des mesures de contrôle qualité :

Préparation des matières premières

Rapport matière

La poudre de carbure de tungstène (WC) de haute pureté et la poudre de cobalt (Co) sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1\%$), la teneur en cobalt est ajustée en fonction de la marque (6 % - 12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 % - 1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 % - 1 %) est ajouté pour améliorer la résistance à l'usure et l'anti-adhérence, et la taille des particules est contrôlée à 0,5-2 microns.

Processus de mélange

Utiliser un broyeur à boulets planétaire (50-100 tr/min, 24-48 heures) pour le mélange humide, en ajoutant de l'éthanol ou de l'isopropanol comme dispersant pour assurer l'homogénéité de la poudre (ségrégation $< 1\%$) et éviter les différences locales de dureté ou de résistance.

Contrôle de la qualité

La distribution granulométrique de la poudre a été détectée par un analyseur de taille de particules laser et la composition chimique a été analysée par spectromètre de fluorescence X (XRF), avec un écart contrôlé à $\pm 0,05\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Pressage

Paramètres du processus

L'ébauche du corps de l'outil est formée par application d'une pression de 150 à 200 MPa à l'aide d'une presse hydraulique, avec une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³. La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité interne et la résistance aux fissures.

Conception de moules

Le moule est fabriqué en acier haute résistance (dureté HRC 50-55), avec une précision contrôlée à $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'usinage par électro-étincelage garantissent la précision du formage des bords étagés.

Contrôle de qualité

La densité des blancs a été mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$ g/cm³) et la porosité interne a été vérifiée par microscopie ($< 0,5$ %).

Frittage à haute température

Conditions du processus

Dans un four à vide (pression de 10^{-2} Pa) ou dans un environnement protégé par l'hydrogène, la température est de 1400 °C à 1600 °C pendant 10 à 12 heures. Un chauffage progressif (50 °C par heure, 300 °C à 600 °C en phase de préchauffage) permet d'éliminer les matières volatiles et les pores pour former une structure très dense.

Optimisation des processus

La technologie de frittage isotherme et de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer davantage les micro-défauts, contrôler la taille des grains à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV).

Contrôle de la qualité

La microstructure a été analysée à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB), la dureté a été testée par un testeur de dureté Vickers (HV 1800-2200) et les fissures internes ont été détectées par onde ultrasonore.

Post-traitement

Tournant

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN avec une précision de battement $< 0,01$ mm et une rugosité de surface $Ra \leq 0,2$ microns.

Affûtage

Une rectifieuse CNC à cinq axes de très haute précision (précision $\pm 0,002$ mm) est utilisée pour traiter le bord étagé et la rainure en spirale, avec une erreur de profil de lame de $< 0,005$ mm et une surface $Ra \leq 0,05$ micron.

polissage

L'abrasif diamanté de grain W0,5-W1,0 est utilisé pour le polissage miroir, avec un Ra d'arête $\leq 0,02$ micron. Certains modèles sont polis électrolytiquement (densité de courant 0,1-0,2 A/cm², pH de l'électrolyte 2-3) pour éliminer les bavures microscopiques.

Traitement des bords

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La pointe du foret est chanfreinée (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) pour améliorer la résistance à l'écaillage des bords, et la géométrie du tranchant est calibrée par interféromètre laser.

Revêtement

Technologie des procédés

en utilisant un procédé de dépôt physique en phase vapeur (PVD) dans un environnement sous vide (pression 10^{-3} Pa, température 400-500°C, vitesse de dépôt 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$).

Type de revêtement

Les options incluent TiAlN (épaisseur de 3 à 8 microns , dureté de 2800 à 3200 HV), AlCrN (épaisseur de 3 à 7 microns , dureté de 3000 à 3400 HV) ou DLC (épaisseur de 1 à 3 microns , dureté de 3000 à 3500 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), qui réduisent le coefficient de frottement ($< 0,3$) et prolongent considérablement la durée de vie (30 à 50 % de plus que sans revêtement).

Contrôle de la qualité

en utilisant un microscope électronique à balayage (MEB), et la dureté et l'adhérence ont été testées à l'aide d'un nanoindenteur (> 70 N), garantissant que l'écart d'épaisseur du revêtement était $< 0,5 \mu\text{m}$.

Tests finaux et emballage

Tests de performance

Une machine de mesure tridimensionnelle (MMT) a été utilisée pour détecter le diamètre et la précision du pas ($< 0,01$ mm), et une machine d'essai d'équilibrage dynamique a été utilisée pour corriger le déséquilibre ($< 5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$).

Traitement de surface

le corps du coupeur est recouvert d'huile antirouille ou emballé sous vide pour éviter l'oxydation pendant le transport et le stockage.

Logo

Gravure au laser avec diamètre, longueur, grade et numéro de lot pour assurer la traçabilité.

Chaque étape du processus de fabrication utilise des lignes de production automatisées et des systèmes de surveillance en temps réel (tels que l'Internet industriel des objets, IoT). Grâce à l'analyse des données, les paramètres du processus sont optimisés afin de réduire le taux de rebut ($< 0,5 \%$), de garantir la constance des performances de chaque étape de forage et de répondre aux exigences du système de gestion de la qualité ISO 9001.

5. Paramètres techniques du foret étagé en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-150 m/min pour l'acier, 30-100 m/min pour l'alliage de titane, 100-250 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,15 mm/tr.

Profondeur de perçage (L/D) : 3:1 à 10:1 (standard), les trous étagés profonds peuvent atteindre 15:1 (support de refroidissement requis).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision de pas $< 0,01$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,4-1,2 microns.

6. Scénarios d'application des forets étagés en carbure

Les forets étagés en carbure sont largement utilisés dans de nombreux secteurs industriels grâce à leurs capacités de perçage multi-étages et à leur haute précision. Voici une description détaillée du scénario, avec des cas spécifiques, des données techniques et un historique du secteur :

Fabrication de moules

Applications : Perçage de trous fraisés, positionnement de trous et refroidissement de trous dans les moules. Les diamètres courants sont de 5 à 8 mm et de 10 à 12 mm, et les profondeurs de 20 à 60 mm.

Étude de cas : Une usine de moulage de précision utilise un foret étagé de 6 à 10 mm de diamètre pour usiner les trous de positionnement de ses moules d'emboutissage automobile. La vitesse de coupe est de 120 m/min, l'avance de 0,05 mm/tr, la tolérance de diamètre de trou après usinage est de $\pm 0,008$ mm, le Ra de surface est de 0,6 micron, la durée de vie de l'outil est de 80 heures et la production annuelle de moules est de 2 000 ensembles, avec une amélioration de l'efficacité de 50 %.

Caractéristiques techniques : Nécessite une finition et une précision élevées, nécessite un support de système de refroidissement interne, adapté aux moules multi-empreintes complexes.

industrie automobile

Application : Usinage d'alésages étagés dans les culasses, les carters et les carters de boîte de vitesses. Les diamètres courants sont de 10 à 15 mm et de 20 à 25 mm, et les profondeurs de 30 à 80 mm.

Étude de cas : Un fournisseur de pièces automobiles utilise un foret étagé de 12 à 18 mm de diamètre pour percer des trous de refroidissement de culasse, avec une vitesse de coupe de 100 m/min et une avance de 0,04 mm/tr. La coaxialité de l'étagé après usinage est inférieure à 0,01 mm, le Ra est de 0,8 micron et la durée de vie de l'outil est de 70 heures. La production annuelle de 500 000 blocs- cylindres réduit le temps de traitement de 30 %.

Contexte de l'industrie : Avec la demande croissante de composants légers dans les véhicules à énergie nouvelle, la demande de traitement de trous étagés d'alliages d'aluminium et d'alliages de magnésium a augmenté, et les revêtements antiadhésifs (tels que le DLC) pour les forets étagés sont devenus essentiels.

Aérospatial

Application : Perçage de trous étagés dans des fuselages, des longerons d'aile et des trains d'atterrissage en alliage de titane ou en acier haute résistance. Les diamètres courants sont de 6 à 10 mm et de 12 à 16 mm, et les profondeurs de 40 à 120 mm.

Étude de cas : Une entreprise aéronautique a utilisé un foret étagé de 8 à 12 mm de diamètre pour usiner des trous de jambe de train d'atterrissage en alliage de titane. La vitesse de coupe était de 60 m/min, l'avance de 0,03 mm/tr, la tolérance du diamètre du trou après usinage était de $\pm 0,005$ mm, le Ra de 0,5 micron, la durée de vie de l'outil de 90 heures et le taux de qualification

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de 99,9 %, conformément à la norme aéronautique AS9100.

Caractéristiques techniques : Une haute précision et une résistance à la chaleur sont requises, la pression du système de refroidissement interne doit être supérieure à 15 bars, adaptée aux trous étagés profonds.

Fabrication d'équipements énergétiques

Application : Perçages profonds étagés dans les arbres de turbine, les corps de pompe et les corps de vanne. Les diamètres courants sont de 15 à 20 mm et de 25 à 30 mm, et les profondeurs de 100 à 300 mm.

Cas : Une entreprise d'équipements énergétiques utilise un foret étagé de 20 à 25 mm de diamètre pour percer des trous dans le corps de la pompe hydraulique, avec une vitesse de coupe de 80 m/min, une vitesse d'avance de 0,06 mm/tr, une erreur de profondeur d'étape de $< 0,015$ mm après traitement, Ra 1,0 micron, une durée de vie de l'outil de 100 heures, une production annuelle de 5 000 corps de pompe et une amélioration de l'efficacité de 40 %.

Contexte de l'industrie : Avec la demande croissante d'équipements d'énergie éolienne et nucléaire, les exigences de précision d'usinage et de qualité de surface pour les trous étagés profonds augmentent, et la conception résistante aux vibrations des forets étagés est particulièrement importante.

Dispositifs médicaux

Application : Perçage de trous de positionnement étagés pour implants orthopédiques ou instruments chirurgicaux, les combinaisons de diamètres courantes sont de 2 à 4 mm et de 5 à 7 mm, et des profondeurs de 10 à 30 mm.

Étude de cas : Un fabricant de dispositifs médicaux a utilisé un foret étagé de 3 à 5 mm de diamètre pour usiner des trous d'implants de hanche en alliage de titane. La vitesse de coupe était de 50 m/min, l'avance de 0,02 mm/tr, la tolérance du diamètre du trou après usinage était de $\pm 0,003$ mm, le Ra était de 0,4 micron et la durée de vie de l'outil était de 60 heures, ce qui était conforme aux normes médicales de la FDA.

Caractéristiques techniques : Nécessite une précision et une biocompatibilité extrêmement élevées, et le revêtement TiAlN est souvent utilisé pour réduire la contamination métallique.

Industrie électronique

Application : Usinage de trous de montage étagés dans des boîtiers électroniques ou des dissipateurs thermiques. Les diamètres courants sont de 4 à 6 mm et de 8 à 10 mm, et les profondeurs de 15 à 40 mm.

Cas : Un fabricant d'équipements électroniques utilise un foret étagé de 5 à 8 mm de diamètre pour usiner des trous de châssis en alliage d'aluminium, avec une vitesse de coupe de 150 m/min, une vitesse d'avance de 0,05 mm/tr, une planéité d'étape de $< 0,01$ mm après usinage, Ra 0,7 micron, une durée de vie de l'outil de 90 heures, une production annuelle de 1 million de boîtiers et une amélioration de l'efficacité de 45 %.

Contexte de l'industrie : Les appareils 5G et l'électronique grand public ont augmenté la demande de trous étagés en alliage d'aluminium léger, et les performances anti-adhérence des forets étagés

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sont cruciales.

Ces scénarios d'application démontrent la polyvalence des forets étagés en carbure dans différents secteurs. Leur conception sur mesure et leur rendement élevé en font un outil indispensable dans la fabrication moderne, notamment pour la production de haute précision à grande échelle.

Précautions d'emploi des forets étagés en carbure

Machine- outil : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond < 0,005 mm, puissance de broche ≥ 3 kW, il est recommandé d'utiliser une broche à haute rigidité (rigidité du guidage > 3000 N/ μ m) .

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15-20 l/min) ou système de refroidissement interne (pression 5-15 bar). Les matériaux visqueux (comme l'acier inoxydable) nécessitent un refroidissement renforcé (débit porté à 25 l/min).

Paramètres : Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/tr, profondeur de perçage segmentée (5D par segment), vitesse d'avance divisée par deux dans le segment de transition d'étape pour réduire les vibrations.

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 20-40 Nm (tige droite) ou 40-60 Nm (tige conique), nettoyer le mandrin des copeaux résiduels et de l'huile avant l'installation.

Usure : Remplacez la lame lorsque l'usure VB atteint 0,3 mm, une déformation progressive (erreur > 0,01 mm) ou des rayures sur la paroi du trou. Il est recommandé de la vérifier toutes les 20 heures et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser sa durée de vie.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de forets étagés en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

GB/T 16456.3-2008

Fraise à dents hélicoïdales en carbure

Types et dimensions des fraises à queue conique Morse

Fraises hélicoïdales en carbure

— Partie 3 : Fraises à queue conique Morse

— Types et dimensions

Préface

Cette norme est rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : structure et règles de rédaction des normes ». Par rapport à la norme GB/T 16456.3-1996 « Fraises à dents hélicoïdales en carbure, partie 3 : types et dimensions des fraises à queue cône Morse », les principales modifications techniques apportées à cette norme comprennent : la mise à jour des dimensions et des exigences de tolérance des fraises à queue cône Morse, l'ajout d'instructions sur l'applicabilité des revêtements, l'ajustement des spécifications de conception de l'angle d'hélice et du nombre d'arêtes de coupe, et l'équivalence avec la norme ISO 296:1991.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Les unités de rédaction de cette norme sont : la Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd. et l'Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Les principaux rédacteurs de cette norme sont : Li XX, Wang XX et Zhang XX.

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances et le mode de marquage des fraises à denture hélicoïdale en carbure cimenté à queue conique Morse. 1.2 La présente norme s'applique au fraisage de rainures, au fraisage latéral et au fraisage de profils pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure cimenté et est conforme à la norme GB/T 2072-2006.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises à denture non hélicoïdale ni aux outils à queue non conique Morse.

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cimenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 296:1991, Machines-outils — Cônes autoserrants pour queues d'outils

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

3 Termes et définitions

Français Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Fraise à queue conique Morse Une fraise à denture hélicoïdale avec un cône Morse. La queue conique est utilisée pour se connecter au trou conique Morse de la broche de la machine-outil.

3.2 Angle d'hélice L'angle de

l'arête de coupe par rapport à l'axe de l'outil, qui affecte l'évacuation des copeaux et les performances de coupe. 3.3 Nombre d'arêtes de coupe Le nombre d'arêtes de coupe d'un outil, qui détermine l'efficacité de coupe et la qualité de surface.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : longueur de coupe effective (mm)

MT : numéro de cône Morse (par exemple , MT2, MT3)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : dents hélicoïdales simples, droite ou gauche, 2 à 4 dents.

Type d'usinage grossier : augmentez la profondeur de la rainure de la puce et le nombre d'arêtes est de 2 à 3.

Type de finition : nombre d'arêtes 4-6, angle d'hélice 30°-45°.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 8 mm à 40 mm.

Longueur totale (L) : 100 mm à 250 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 20 mm à 100 mm.

de cône Morse : MT2, MT3, MT4, MT5 (conformément à la norme ISO 296:1991).

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,02$ mm (qualité IT6, GB/T 1800.1-2009).

Tolérance de longueur : $\pm 0,5$ mm.

Tolérance de conicité : $\pm 0,01$ mm/100 mm.

5.4 Angle d'hélice

Valeur standard : 30° (rotation à droite), plage : 15°-45°.

Recommandé pour la finition : 35°-40°.

5.5 lames

$D \leq 16$ mm : 2-3 lames.

$D > 16$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conformément à la norme GB/T 2072-2006, les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900)

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 YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μm) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-10 μm) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2\ \mu\text{m}$.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée

conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 La mesure de l'angle d'hélice doit être effectuée à l'aide d'un instrument de mesure d'angle avec une erreur de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# à une vitesse de coupe de 200 m/min et une durée de vie d'enregistrement $\geq 10\text{ h}$.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, l'angle d'hélice et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-16 $\times$ 150-MT3-30°) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50\text{ }^\circ\text{C}$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Numéro du cône Morse	Nombre de lames	Angle d'hélice ($^\circ$)
8	100	20	MT2	2	30
16	150	40	MT3	3	30
25	200	70	MT4	4	35
40	250	100	MT5	6	40

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 10/10/2008

Date de mise en œuvre : 01/01/2009

Norme nationale n° : GB/T 16456.3-2008

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version de simulation basée sur la structure de la norme GB/T 16456.3-2008 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises à dents hélicoïdales en carbure cémenté. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, cet article suppose certains détails techniques (tels que la plage de tailles et les paramètres de coupe) et se réfère au contenu des normes GB/T 16456.2-2008 et ISO 296:1991. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme GB/T 16456.3-2008 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à dents hélicoïdales en carbure ?

Définition et fonction de la fraise à dents hélicoïdales en carbure

La fraise à dents hélicoïdales en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour un fraisage efficace et précis. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile et la production de pièces mécaniques. Sa principale caractéristique réside dans l'utilisation de dents hélicoïdales (arête de coupe inclinée), combinée aux excellentes performances du carbure, pour une coupe fluide, une évacuation optimale des copeaux et une meilleure précision d'usinage. La fraise à dents hélicoïdales en carbure est dotée d'une dureté élevée (HV 1800-2200), d'une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées, et convient à la coupe de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et les alliages d'aluminium. La conception à denture hélicoïdale réduit l'impact de la force de coupe et les vibrations (réduction d'amplitude de 20 à 30 %) grâce à l'arête de coupe inclinée (angle d'hélice généralement compris entre 20 et 45°) et améliore l'écoulement des copeaux, ce qui est largement adapté aux machines-outils CNC, aux centres d'usinage et aux fraiseuses manuelles. Cet outil permet de réaliser efficacement le fraisage latéral, le rainurage, l'usinage d'empreintes et le fraisage de contours, avec une qualité de surface Ra de 0,2 à 0,8 micron et une précision de tolérance de IT5 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

IT7. Il est particulièrement adapté à l'usinage de pièces de taille moyenne et de géométries complexes. Comparées aux fraises à dents droites traditionnelles, les fraises à dents hélicoïdales réduisent considérablement le bruit de coupe (jusqu'à 65 à 70 dB), l'usure de l'outil (durée de vie accrue de 15 à 25 %) et la microdéformation de la pièce ($< 0,01$ mm), et offrent d'excellentes performances en production et finition à haut rendement. Offrant une grande flexibilité de conception, elles permettent de personnaliser le nombre de dents, l'angle d'hélice et la géométrie de la lame en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Avec l'avancement de la technologie de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré au logiciel CAM pour optimiser dynamiquement les chemins et les paramètres de coupe.

2. Caractéristiques structurelles des fraises à dents hélicoïdales en carbure

Les fraises carbure à dents hélicoïdales visent à améliorer l'efficacité de coupe, à réduire les vibrations et à assurer une excellente évacuation des copeaux. Elles adoptent généralement une structure à queue droite ou conique, avec une disposition hélicoïdale multi-dents sur l'arête de coupe, combinant des capacités de coupe radiale et axiale pour répondre aux besoins d'usinage multidirectionnel. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 3 mm à 40 mm, les micro-fraises ($D < 6$ mm) sont utilisées pour le traitement fin ou les micro-cavités, les moyennes ($D = 6-20$ mm) conviennent au fraisage général et les grandes ($D > 20$ mm) sont utilisées pour le traitement de grandes surfaces ou la découpe de rainures profondes.

de tige : droite (DIN 6535 HA/HB) ou conique (Morse MT2-MT4, SK40-SK50), le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe, classe de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), assurant un ajustement serré dans le mandrin ou la broche, le diamètre maximum prend en charge une transmission de couple élevée (plage de couple 10-50 Nm).

Longueur totale (L) : 50 mm à 300 mm, convient aux petits centres d'usinage CNC (50-150 mm) ou aux centres d'usinage lourds (200-300 mm), extra-long (350 mm) pour l'usinage de cavités profondes ou de longs porte-à-faux.

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 200 mm, le traitement peu profond (10-50 mm) convient à la finition de surface, le traitement profond (100-200 mm) convient aux cavités profondes ou à la coupe en plusieurs étapes, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 3:1-5:1.

Angle d'hélice : 20° - 50° , la valeur standard étant de 25° - 40° . La conception de l'angle d'hélice optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations. Un angle de 40° - 45° est couramment utilisé en finition pour améliorer la qualité de surface, tandis qu'un angle de 20° - 25° peut être utilisé en ébauche pour renforcer la résistance. Certains modèles personnalisés prennent en charge un angle d'hélice progressif (10° - 40°) pour s'adapter à la découpe de trous profonds.

de coupe : 2 à 10 arêtes, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 10$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm) en comportent 6 à 10. L'augmentation du nombre d'arêtes de coupe peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La conception des dents hélicoïdales réduit la concentration de la force de coupe (taux de dispersion de la force de 20 à 30 %) en inclinant l'arête de coupe (angle de 5 à 10°). La lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un profil lisse ($R_a \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, testé à 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5 à 1,5 mm, pression 5 à 15 bars) ou de rainures anti-vibrations, qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 600 °C), adaptés à l'usinage continu à forte charge ou à la coupe de rainures profondes.

3. Matériau de la fraise à dents hélicoïdales en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt de 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé (tel que 40Cr) et à la fonte, avec une excellente résistance à l'usure et une durée de vie de coupe allant jusqu'à 50-70 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, convient à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie jusqu'à 60-80 heures.

YW2T : Contient du carbure de tantale (TaC), dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs, spécialement conçu pour les alliages à base de nickel et les matériaux difficiles à traiter, la durée de vie peut atteindre 70-100 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la conductivité thermique de la pièce (40-50 W/ m·K pour l'acier et 15-20 W/ m·K pour l'alliage de titane) et de la température de coupe (500-800 °C). Certains modèles ajoutent des traces de terres rares (comme le Ce, 0,1 %-0,3 %) pour optimiser la microstructure.

Fabrication de fraises à dents hélicoïdales en carbure

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1$ %), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³, la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage ($R_a \leq 0,05$ microns), finition du tranchant avec abrasif diamanté.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

Paramètres techniques des fraises à dents hélicoïdales en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane, 100-300 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-5 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du contour $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,2-0,8 microns.

6. Scénarios d'application des fraises à dents hélicoïdales en carbure

de moules : Finition des flancs du moule (profondeur 20-50 mm), Ra $< 0,4$ micron.

Aéronautique : Fraisage de cadres en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Usinage de rainures de vilebrequin (largeur 10-20 mm), Ra $< 0,6$ microns.

Pièces mécaniques : Usinage de rainures d'engrenages (profondeur 15-40 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

7. Précautions d'emploi des fraises à dents hélicoïdales en carbure

Machines-outils : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 3 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15 L/min).

Paramètres : Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/dent, ap 1 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 20-40 Nm.

Remplacer lorsque l'usure de la lame VB atteint 0,3 mm ou qu'un écaillage de la lame se produit.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à dents hélicoïdales en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



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

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à queue conique Morse en carbure ?

Définition et fonction de la fraise à queue conique Morse en carbure cémenté

La fraise à queue conique Morse en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour un fraisage efficace et précis. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile et la production de pièces de machines lourdes. Sa principale caractéristique est sa structure de connexion conique Morse (MT), combinée aux excellentes performances du carbure, qui permet d'obtenir une connexion très rigide, une coupe fluide et une excellente précision d'usinage. La fraise à queue conique Morse en carbure utilise du carbure comme base, présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle convient à la coupe de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et la fonte. La conception de la tige conique Morse (généralement conforme aux normes MT2, MT3 ou MT4) améliore la rigidité de l'outil et de la broche de la machine-outil grâce à une connexion conique (1:10 ou 1:20) (la force de serrage peut atteindre 8 000 à 12 000 N), ce qui est particulièrement adapté à la coupe à forte charge, au traitement de cavités profondes et aux conditions de coupe intermittentes.

Cet outil est largement utilisé sur les machines-outils à commande numérique (CNC), les centres d'usinage et les fraiseuses à usage intensif. Il permet de réaliser efficacement le fraisage latéral, le rainurage, l'usinage d'empreintes et le fraisage de contours, avec une précision d'usinage allant jusqu'à IT5-IT7 et une qualité de surface Ra de 0,2 à 0,8 micron. Comparées aux fraises à queue cylindrique, les fraises à queue conique Morse améliorent considérablement la stabilité de coupe (réduction des vibrations de 20 à 30 %) et la résistance au couple (plage de couple de 20 à 60 Nm), et sont performantes pour les pièces de grandes dimensions et les usinages intensifs. Offrant une grande flexibilité de conception, le nombre de dents, l'angle d'hélice et la géométrie de la lame peuvent être personnalisés en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré aux logiciels de FAO pour optimiser dynamiquement les trajectoires et les paramètres de coupe.

Caractéristiques structurelles de la fraise à queue conique Morse en carbure cémenté

Les fraises à queue conique Morse en carbure cémenté offrent une coupe très rigide, une réduction des vibrations et une évacuation efficace des copeaux. Elles adoptent généralement une structure de queue conique Morse (MT2-MT4), avec une denture hélicoïdale ou une denture droite multident sur l'arête de coupe, combinée à des capacités de coupe radiale et axiale pour répondre aux exigences d'usinage complexes. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 6 mm à 50 mm, les micro-fraises ($D < 10$ mm) sont utilisées pour l'usinage fin, les moyennes ($D = 10-30$ mm) conviennent au fraisage général et les grandes ($D > 30$ mm) sont utilisées pour la coupe lourde ou l'usinage de grandes surfaces.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Spécifications de la tige conique Morse : conformes aux normes MT2, MT3 ou MT4, précision de cône contrôlée au niveau AT3 (erreur de cône $< 0,005$ mm), les grands diamètres d'extrémité sont respectivement de 17,78 mm, 22,22 mm et 31,75 mm, et la longueur de la tige conique (50-150 mm) est personnalisée en fonction du modèle de machine-outil.

Longueur totale (L) : 100 mm à 350 mm, convient aux centres d'usinage CNC de taille moyenne (100-200 mm) ou lourds (250-350 mm), extra-long (400 mm) pour l'usinage de cavités profondes ou de longs porte-à-faux.

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 250 mm, le traitement peu profond (15-60 mm) convient à la finition de surface, le traitement profond (150-250 mm) convient aux cavités profondes ou à la coupe en plusieurs étapes, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 4:1-6:1.

Diamètre de la tige (d) : Le grand diamètre de l'extrémité de la tige conique est compris entre 6 et 50 mm, avec une tolérance h6 ($0/-0,006$ mm). Le petit diamètre diminue en fonction de la conicité pour assurer un serrage progressif.

Angle d'hélice : 20° - 50° , la valeur standard est de 25° - 40° , la conception des dents hélicoïdales optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, 40° - 45° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, et 20° - 25° peut être utilisé pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

Nombre d'arêtes de coupe : 2 à 12 arêtes, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 15$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm) en comportent 6 à 12. L'augmentation du nombre d'arêtes de coupe peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

La conception des dents hélicoïdales réduit la concentration de la force de coupe (taux de dispersion de la force de 20 à 30 %) en inclinant l'arête de coupe (angle de 5 à 10°). L'arête de coupe est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes de haute précision (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un contour lisse ($Ra \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5 à 1,5 mm, pression 5 à 15 bars) ou de rainures antivibratoires, qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 25 à 35 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 600^{\circ}\text{C}$), ce qui convient à l'usinage continu à forte charge ou à la coupe de rainures profondes.

3. Matériau de la fraise à queue conique Morse en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6 X : La teneur en cobalt est de 6 %, la dureté HV 1800-1900, la résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 60-80 heures.

YT 15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C , adapté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 70-90 heures.

YW2 T : Contient du carbure de tantale (TaC), dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs, spécialement conçu pour les alliages à base de nickel et les matériaux difficiles à traiter, avec une durée de vie allant jusqu'à 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la conductivité thermique de la pièce (acier 40-50 W/ m· K , alliage de titane 15-20 W/ m· K) et de la température de coupe (600-900 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) pour optimiser la résistance à la chaleur.

Fabrication de fraises à queue conique Morse en carbure cimenté

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : La poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1\%$), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, densité 14,5-15,2 g/cm³ , la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par paliers pour éliminer les pores.

Post- traitement : tournage (voile < 0,01 mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage (Ra $\leq 0,05$ microns), finition du tranchant avec abrasif diamanté.

Revêtement : TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

Paramètres techniques de la fraise à queue conique Morse en carbure cimenté

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane, 60-180 m/min pour la fonte.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-10 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du contour <0,005 mm.

Rugosité de surface : Ra 0,2-0,8 microns.

Scénarios d'application des fraises à queue conique Morse en carbure cimenté

Moule fabrication : Finition des empreintes de moules (profondeur 20-50 mm), Ra<0,4 micron.

Aéronautique : Fraisage de supports en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm), précision $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Traitement de rainures de cylindres (largeur 10-20 mm), Ra < 0,6 microns.

Machines lourdes : Rails de guidage pour machines-outils d'usinage (profondeur 15-40 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Précautions d'emploi des fraises à queue conique Morse en carbure

Machine- outil : Fraiseuse CNC cinq axes ou robuste, faux-rond < 0,005 mm, puissance de broche ≥ 5 kW.

Refroidissement : Fluide de coupe haute pression (10 bar, 20 L/min).

Paramètres : Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/dent, ap 2 mm.

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 40-60 Nm.

Porter : Remplacer lorsque l'usure de la lame VB atteint 0,3 mm ou qu'un écaillage de la lame se produit.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises à dents hélicoïdales en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

GB/T 16456.1-2008

Fraises à dents hélicoïdales en carbure Partie 1 : Exigences générales

Fraises hélicoïdales en carbure

— Partie 1 : Exigences générales

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Première partie de la série GB/T 16456, elle spécifie les exigences générales relatives aux fraises à dents hélicoïdales en carbure et constitue, avec les normes GB/T 16456.2-2008 (fraises à queue conique 7:24) et GB/T 16456.3-2008 (fraises à queue conique Mohs) , une série de normes. Les principales modifications techniques comprennent : l'harmonisation des exigences relatives aux matériaux et aux revêtements, la mise à jour des spécifications de tolérance et l'ajout de directives en matière de sécurité et de protection de l'environnement.

Cette norme est placée sous la responsabilité du Comité technique national de normalisation des outils (SAC/TC 207). Unités de rédaction : Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Principaux rédacteurs : Li XX, Wang XX, Zhang XX.

1 Portée

à dents hélicoïdales en carbure cimenté

, y compris les matériaux, les conditions techniques, les méthodes d'essai, les règles d'inspection et le marquage, l'emballage, le transport et le stockage. 1.2 La présente norme s'applique à toutes les fraises à dents hélicoïdales de la série GB/T 16456, y compris les types à queue cylindrique, à queue conique 7:24 et à queue conique Morse, utilisées pour la coupe des métaux.

1.3 La présente norme ne couvre pas les types et tailles spécifiques, voir GB/T 16456.2-2008 et GB/T 16456.3-2008 pour plus de détails.

2 Références normatives

GB/T 1.1-2009, Lignes directrices pour la normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes

GB/T 2072-2006, Exigences techniques pour le carbure cimenté

GB/T 1800.1-2009, Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement

ISO 513:2012, Classification et application des matériaux de coupe durs pour l'enlèvement de métal avec des arêtes de coupe définies

3 Termes et définitions

3.1 Les fraises à dents hélicoïdales en carbure

sont des outils de coupe rotatifs en carbure avec un tranchant hélicoïdal, adaptés au fraisage de rainures, au fraisage latéral et au fraisage de contours. 3.2 Angle d'hélice L'angle du tranchant par

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

rapport à l'axe de l'outil affecte l'élimination des copeaux et les performances de coupe.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : longueur de coupe effective (mm)

WC : carbure de tungstène

5 Exigences techniques générales

5.1 Matériaux

Conforme à la norme GB/T 2072-2006. Les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900), YT15 (HV 1900-2000) et YW2 (HV 1800-2100).

Teneur en cobalt : 4%-12%.

5.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μm) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-10 μm) .

Adhérence : Charge critique au test de rayure $\geq 70\text{ N}$.

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,02\text{ mm}$ (qualité IT6, GB/T 1800.1-2009).

Tolérance de longueur : $\pm 0,5\text{ mm}$.

5.4 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2\text{ }\mu\text{m}$.

5.5 Plage d'angle d'hélice

Standard : 15°-45° , 35°-40° est recommandé pour la finition.

6 Méthodes d'essai

6.1 Essai de dureté :

Duromètre Vickers selon GB/T 4340.1, points d'essai ≥ 5 , erreur $\pm 50\text{ HV}$. 6.2 Essai d'adhérence du revêtement : Testeur de rayures selon l'annexe B de GB/T 2073-2013. 6.3 Essai de performance de coupe : Acier 45#, Vc 200 m/min, durée de vie $\geq 10\text{ h}$.

7 Règles d'inspection

7.1 5 % de chaque lot doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

7.2 Éléments d'inspection : dureté, adhérence du revêtement, tolérance dimensionnelle. 7.3 Taux de défaillance $\leq 2\%$.

8 Marquage, emballage, transport et stockage

8.1 Logo

Marque de marquage et spécification (telle que YG6-12 $\times$ 100), conformément à la norme GB/T 191-2008.

8.2 Emballage

Huile antirouille + sachet plastique, placé dans une caisse en bois.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.3 Transport et stockage

Éviter une température supérieure à 50 °C et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

9 Annexe (informative)

Annexe A : Comparaison des performances des matériaux

Marque	Dureté (HV)	Densité (g/cm ³)	Ténacité à la rupture (MPa·m ^{1/2})	Applications typiques
YG6	1800-1900	14,8-15,0	15-18	fonte
YT15	1900-2000	11,5-12,0	12-15	Acier
YW2	1800-2100	12,0-13,0	14-17	Alliage de titane

Annexe B : Recommandations relatives aux données de coupe

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5

10. Informations de publication

Date de sortie : 10/10/2008

Date de mise en œuvre : 01/01/2009

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:

Fraises à dents hélicoïdales en carbure GB/T 16456.2-2008
Partie 2 : 7:24 Types et dimensions des fraises à queue conique
Fraises hélicoïdales en carbure
— Partie 2 : 7:24 Fraises à queue conique
— Types et dimensions

Préface

Cette norme a été rédigée conformément aux dispositions de la norme GB/T 1.1-2009 « Lignes directrices pour la normalisation, Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes ». Elle remplace la norme GB/T 16456.2-1996 « Fraises à denture hélicoïdale en carbure, Partie 2 : Types et dimensions des fraises à queue conique 7:24 ». Par rapport à la norme GB/T 16456.2-1996, les principales modifications techniques sont les suivantes :

Mise à jour de la gamme de tailles et des exigences de tolérance des fraises à queue conique 7:24 ;

Ajout de la description d'applicabilité des fraises revêtues ;

Ajustement des spécifications de conception pour l'angle d'hélice et le nombre de pales ;

La description équivalente à la norme ISO 6108:1978 est complétée.

Cette norme est placée sous la juridiction du Comité technique national de normalisation des outils coupants (SAC/TC 207). Les unités de rédaction de cette norme sont : la Fédération chinoise de l'industrie des machines, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd, et l'Institut de recherche sur les outils de Chengdu. Les principaux rédacteurs de cette norme sont :

1 Portée

1.1 La présente norme spécifie le type, les dimensions, les tolérances et le mode de marquage des fraises à queue conique 7:24 parmi les fraises à dents hélicoïdales en carbure cimenté. 1.2 La présente norme s'applique au fraisage de rainures, au fraisage latéral et au fraisage de profils pour l'usinage des métaux. L'outil est en carbure cimenté et est conforme à la norme GB/T 2072-2006.

1.3 La présente norme ne s'applique pas aux fraises à dents non hélicoïdales ni aux outils à queue conique autre que 7:24 .

2 Références normatives

Les clauses des documents suivants deviennent les clauses de la présente norme par référence. Pour tous les documents référencés avec date, les modifications ultérieures (hors errata) ou révisions ne s'appliquent pas à la présente norme. Cependant, les parties qui parviennent à un accord sur la base de la présente norme sont encouragées à vérifier si les dernières versions de ces documents peuvent être utilisées. Pour tous les documents référencés sans date, les dernières versions s'appliquent à la présente norme.

GB/T 1.1-2009, *Lignes directrices pour les travaux de normalisation Partie 1 : Structure et règles de rédaction des normes*

GB/T 2072-2006, *Exigences techniques pour le carbure cimenté*

GB/T 1800.1-2009, *Principes de base et termes connexes de tolérance et de zone de tolérance d'ajustement*

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 6108:1978, *Fraises — Dimensions d'interchangeabilité des mandrins porte-fraises ou des mandrins porte-fraises à cône 7:24*

3 Termes et définitions

Les termes et définitions suivants s'appliquent à la présente norme :

3.1 Fraise à queue conique 7:24 Fraise à denture hélicoïdale avec une conicité de 7:24 (7 mm par 100 mm de longueur) et une queue conique pour la connexion à la broche de la machine-outil. 3.2 Angle d'hélice L'angle de l'arête de coupe par rapport à l'axe de l'outil, affectant l'évacuation des copeaux et les performances de coupe. 3.3 Nombre d'arêtes de coupe Le nombre d'arêtes de coupe d'un outil, qui détermine l'efficacité de coupe et la qualité de surface.

4 Symboles et abréviations

D : Diamètre de l'outil (mm)

L : Longueur totale (mm)

l : longueur de coupe effective (mm)

α : angle de conicité (7:24)

WC : carbure de tungstène

5 Type et taille

5.1 Type

Type standard : dents hélicoïdales simples, droite ou gauche, 2 à 4 dents.

Type d'usinage grossier : augmentez la profondeur de la rainure de la puce et le nombre d'arêtes est de 2 à 3.

Type de finition : nombre d'arêtes 4-6, angle d'hélice 30°-45°.

5.2 Gamme de tailles

Diamètre (D) : 6 mm à 32 mm.

Longueur totale (L) : 80 mm à 200 mm.

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 80 mm.

Longueur de la tige conique : Conforme à la norme ISO 6108:1978, cône 7:24.

5.3 Tolérance

Tolérance de diamètre : $\pm 0,02$ mm (qualité IT6, GB/T 1800.1-2009).

Tolérance de longueur : $\pm 0,5$ mm.

Tolérance de conicité : $\pm 0,01$ mm/100 mm.

5.4 Angle d'hélice

Valeur standard : 30° (rotation à droite), peut être ajustée à 15°-45° selon les besoins.

Recommandé pour la finition : 35°-40°.

5.5 lames

$D \leq 12$ mm : 2-3 lames.

$D > 12$ mm : 3 à 6 lames.

6 Exigences techniques

6.1 Matériaux

Conformément à la norme GB/T 2072-2006, les nuances recommandées sont YG6 (HV 1800-1900)

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 YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Revêtement

Revêtement PVD optionnel (TiN , TiCN , épaisseur 2-5 μm) ou revêtement CVD (TiN + Al₂O₃ , épaisseur 5-10 μm) .

Adhérence du revêtement : charge critique au test de rayure $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Qualité de surface

Rugosité de surface $R_a \leq 0,2\ \mu\text{m}$.

7 Méthodes d'essai

7.1 La mesure des dimensions doit être effectuée

conformément à l'annexe A de la norme GB/T 2073-2013 à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un projecteur avec une précision de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 La mesure de l'angle d'hélice doit être effectuée à l'aide d'un instrument de mesure d'angle avec une erreur de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 L'essai de performance de coupe doit être effectué sur des échantillons d'acier 45# à une vitesse de coupe de 200 m/min et une durée de vie d'enregistrement $\geq 10\text{ h}$.

8 Règles d'inspection

8.1 5 % de chaque lot de produits doivent être échantillonnés (pas moins de 3 pièces).

8.2 Les éléments d'inspection comprennent le diamètre, la longueur, l'angle d'hélice et l'adhérence du revêtement. 8.3 Le taux de défaillance doit être $\leq 2\%$, sinon l'ensemble du lot doit être mis au rebut.

9 Marquage, emballage, transport et stockage

9.1 Logo

Les spécifications de marquage de surface de l'outil (telles que YG6-12 $\times$ 100-30°) sont conformes à la norme GB/T 191-2008.

9.2 Emballage

Utilisez de l'huile antirouille et un sac en plastique pour sceller et placez dans une boîte en bois.

9.3 Transport et stockage

Éviter les températures élevées ($> 50\text{ }^\circ\text{C}$) et l'humidité. Durée de conservation : 2 ans.

10 Annexe (informative)

Annexe A : Dimensions

Diamètre (D, mm)	Longueur totale (L, mm)	Longueur de coupe effective (l, mm)	Nombre de lames	Angle d'hélice ($^\circ$)
6	80	15	2	30
12	120	30	3	30
20	160	50	4	35
32	200	80	6	40

Annexe B : Recommandations relatives aux données 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

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	100-300	0,1-0,3	1-3
fonte	150-400	0,1-0,4	1-4
alliage d'aluminium	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Informations sur la publication

Date de sortie : 10/10/2008

Date de mise en œuvre : 01/01/2009

Norme nationale n° : GB/T 16456.2-2008

Comité technique : SAC/TC 207 - Comité technique national de normalisation des outils

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

illustrer

Le contenu ci-dessus est une version de simulation basée sur la structure de la norme GB/T 16456.2-2008 et sur les pratiques industrielles en matière de fraises à dents hélicoïdales en carbure cémenté. Le texte intégral officiel n'étant pas disponible, cet article suppose certains détails techniques (tels que la plage de tailles et les paramètres de coupe) et se réfère au contenu des normes GB/T 16456.3-2008 et ISO 6108:1978. Ces hypothèses visent à préserver la rationalité et la cohérence du contenu, mais il est recommandé de se procurer le texte officiel de la norme GB/T 16456.2-2008 pour garantir l'exhaustivité et l'exactitude.

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:

Qu'est-ce qu'une fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure ?

1. Définition et fonction de la fraise à queue conique en carbure cimenté à dents hélicoïdales

La fraise conique à denture hélicoïdale en carbure est un outil de coupe rotatif hautes performances conçu pour un fraisage efficace et précis. Elle est largement utilisée dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile et la production de pièces de machines lourdes. Ses principales caractéristiques sont la conception à denture hélicoïdale (arête de coupe inclinée) et la structure de connexion à queue conique, combinées aux excellentes performances du carbure cimenté, permettant une coupe très rigide, un fonctionnement fluide et une excellente précision d'usinage. La fraise conique à denture hélicoïdale en carbure cimenté présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle est adaptée à la coupe de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et la fonte. La conception des dents hélicoïdales réduit l'impact de la force de coupe et les vibrations (amplitude réduite de 20 à 30 %) grâce à l'arête de coupe inclinée (généralement un angle d'hélice de 20 à 50°). La structure de la tige conique (généralement conforme aux normes BT, CAT ou HSK) renforce la liaison rigide entre l'outil et la broche de la machine-outil (force de serrage pouvant atteindre 8 000 à 12 000 N), ce qui est particulièrement adapté à l'usinage sous forte charge, à l'usinage de cavités profondes et aux conditions de coupe intermittentes. Cet outil est largement utilisé sur les machines-outils à commande numérique (CNC), les centres d'usinage ou les fraiseuses lourdes, et permet de réaliser efficacement le fraisage latéral, le fraisage de rainures, l'usinage de cavités et le fraisage de contours, avec une précision d'usinage allant jusqu'au niveau IT5-IT7 et une qualité de surface allant jusqu'à Ra 0,2 à 0,8 micron. Comparées aux fraises à dents droites traditionnelles, les fraises à queue conique à dents hélicoïdales réduisent considérablement le bruit de coupe (jusqu'à 65-70 dB), l'usure de l'outil (durée de vie accrue de 15 à 25 %) et la microdéformation de la pièce (< 0,01 mm). Elles sont performantes pour les pièces complexes et les usinages intensifs. Elles offrent une grande flexibilité de conception et permettent de personnaliser le nombre de dents, l'angle d'hélice et le type de queue conique en fonction du matériau de la pièce et des exigences d'usinage. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les trajectoires et les paramètres de coupe.

2. Caractéristiques structurelles de la fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure cimenté

Les fraises à queue conique en carbure à denture hélicoïdale visent à obtenir une coupe très rigide, une réduction des vibrations et une évacuation efficace des copeaux. Elles adoptent généralement une structure à queue conique (BT40, CAT50 ou HSK-A63), avec une disposition multi-dents hélicoïdale sur l'arête de coupe, combinée à des capacités de coupe radiale et axiale pour répondre aux exigences d'usinage complexes. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 6 mm à 50 mm, les micro-fraises (D<10 mm) sont utilisées pour l'usinage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fin, les moyennes ($D=10-30$ mm) conviennent au fraisage général et les grandes ($D>30$ mm) sont utilisées pour la coupe lourde ou l'usinage de grandes surfaces.

Spécifications de la tige conique : conformément aux normes BT40, CAT50 ou HSK-A63, la précision de la tige conique est contrôlée au niveau AT3 (erreur de cône $< 0,005$ mm), les grands diamètres d'extrémité sont respectivement de 44,45 mm, 69,85 mm ou 63 mm, et la longueur de la tige conique (50-150 mm) est personnalisée en fonction du modèle de machine-outil.

Longueur totale (L) : 100 mm à 350 mm, convient aux centres d'usinage CNC de taille moyenne (100-200 mm) ou lourds (250-350 mm), extra-long (400 mm) pour l'usinage de cavités profondes ou de longs porte-à-faux.

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 250 mm, le traitement peu profond (15-60 mm) convient à la finition de surface, le traitement profond (150-250 mm) convient aux cavités profondes ou à la coupe en plusieurs étapes, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 4:1-6:1.

Diamètre de la tige (d) : Tige conique avec grand diamètre d'extrémité de 6 mm à 50 mm, classe de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), le petit diamètre d'extrémité diminue en fonction de la conicité pour assurer une force de serrage progressive.

Angle d'hélice : $20^{\circ}-50^{\circ}$, la valeur standard est de $25^{\circ}-40^{\circ}$, la conception des dents hélicoïdales optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, $40^{\circ}-45^{\circ}$ est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, $20^{\circ}-25^{\circ}$ peut être utilisé pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance, certains modèles personnalisés prennent en charge l'angle d'hélice progressif ($10^{\circ}-40^{\circ}$) pour s'adapter à la découpe de trous profonds.

de coupe : 2 à 12 arêtes, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D<15$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D>15$ mm) en comportent 6 à 12. L'augmentation du nombre d'arêtes de coupe peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide.

La conception des dents hélicoïdales réduit la concentration de la force de coupe (taux de dispersion de la force de 20 à 30 %) en inclinant l'arête de coupe (angle de 5 à 10°). L'arête de coupe est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes de haute précision (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un contour lisse ($R_a \leq 0,05$ micron). Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5 à 1,5 mm, pression 5 à 15 bars) ou de rainures antivibratoires, qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 25 à 35 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 600^{\circ}\text{C}$), ce qui convient à l'usinage continu à forte charge ou à la coupe de rainures profondes.

3. Matériau de la fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 60-80 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 70-90 heures.

YW2T : Contient du carbure de tantale (TaC), dureté HV 1800-2200, forte résistance aux chocs, spécialement conçu pour les alliages à base de nickel et les matériaux difficiles à traiter, la durée de vie peut atteindre 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la conductivité thermique de la pièce (acier 40-50 W/ m· K , alliage de titane 15-20 W/ m· K) et de la température de coupe (600-900 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) pour optimiser la résistance à la chaleur.

Fabrication de fraises à queue conique en carbure à dents hélicoïdales

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1\%$), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³ , la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : tournage (voile < 0,01 mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage (Ra $\leq 0,05$ microns), finition du tranchant avec abrasif diamanté.

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

Paramètres techniques de la fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane, 60-180 m/min pour la fonte.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,2 mm/dent.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-10 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du contour <0,005 mm.

Rugosité de surface : Ra 0,2-0,8 microns.

6. Scénarios d'application des fraises à queue conique à dents hélicoïdales en carbure cémenté

de moules : Finition des empreintes de moules (profondeur 20-50 mm), Ra<0,4 micron.

Aéronautique : Fraisage de supports en alliage de titane (épaisseur 10-30 mm), précision $\pm 0,01$ mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Industrie automobile : Traitement de rainures de cylindres (largeur 10-20 mm), $R_a < 0,6$ microns.
Machines lourdes : Rails de guidage pour machines-outils d'usinage (profondeur 15-40 mm),
précision $\pm 0,005$ mm.

Précautions d'emploi des fraises à queue conique en carbure à dents hélicoïdales

Machine-outil : Fraiseuse CNC cinq axes ou robuste, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 20 L/min).

Paramètres : V_c 150 m/min, f_z 0,05 mm/dent, a_p 2 mm.

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 40-60 Nm.

Remplacer lorsque l'usure de la lame VB atteint 0,3 mm ou qu'un écaillage de la lame se produit.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises coniques à denture hélicoïdale en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !
Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice

ISO 15641:2001

Outils de fraisage pour l'usinage à grande vitesse

— Exigences de sécurité

Fraises pour usinage à grande vitesse

— Exigences de sécurité

1 Portée

1.1 La présente Norme internationale spécifie les exigences de sécurité relatives aux outils de fraisage utilisés pour l'usinage à grande vitesse (opérations d'enlèvement de copeaux à des vitesses périphériques accrues) et s'applique aux outils de fraisage utilisés sur les machines-outils pour le travail des métaux, telles que celles conformes à l'ISO 3855.

1.2 La présente Norme internationale traite des dangers potentiels associés à l'utilisation d'outils de fraisage et inclut des mesures de sécurité pendant le fonctionnement, la maintenance et le remplacement. 1.3 La présente Norme internationale ne s'applique pas aux exigences de sécurité relatives aux outils non coupants ni aux conditions d'usinage à basse vitesse.

2 Références normatives

Les documents suivants sont référencés dans la présente norme et constituent donc des références normatives. Sauf indication contraire, leurs révisions ou amendements ultérieurs ne s'appliquent pas à la présente norme. Il est recommandé d'obtenir les dernières versions de ces documents sur le site web officiel de l'ISO.

ISO 3855:1977, Fraises — Nomenclature

ISO 23125:2015, Machines-outils — Sécurité — Machines de tournage

ISO 16092-1:2017, Sécurité des machines-outils — Presses — Partie 1 : Exigences générales de sécurité

3 Termes et définitions

3.1 Usinage à grande vitesse

Usinage par enlèvement de copeaux à des vitesses périphériques supérieures aux vitesses de coupe conventionnelles (généralement supérieures à 500 m/min).

3.2 Outil de fraisage Outil rotatif utilisé pour la coupe de métaux avec plusieurs arêtes de coupe adaptées à l'usinage de surfaces planes, de rainures ou de contours complexes. 3.3 Exigences de sécurité Conditions de conception et d'utilisation nécessaires pour éviter les blessures de l'opérateur ou les dommages matériels.

4 Symboles et abréviations

V_c : Vitesse de coupe (m/min)

n : vitesse de rotation de la broche (tr/min)

PVD : dépôt physique en phase vapeur

5 Exigences de sécurité

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

5.1 Conception structurelle

Les outils de fraisage doivent être suffisamment rigides et équilibrés pour éviter les vibrations à des vitesses de rotation élevées ($n > 10\,000$ tr/min).

Le matériau de l'outil doit être du carbure cimenté ou du carbure revêtu conformément à la norme ISO 513:2012.

5.2 Mesures de protection

L'outil doit être équipé d'une protection anti-éclaboussures pour empêcher les copeaux ou les débris de voler.

Lors du remplacement de l'outil, un dispositif de serrage spécial doit être utilisé pour garantir un fonctionnement sûr.

5.3 Limitations de performances

Vitesse de coupe maximale $V_c \leq 1500$ m/min, selon le diamètre de l'outil et le matériau.

Il est recommandé d'utiliser du liquide de refroidissement pour réduire la chaleur et l'usure.

6 Méthodes d'essai

6.1 Essai de vibration

Testé sur une machine-outil standard (vitesse de broche 12 000 tr/min), amplitude de vibration $\leq 0,01$ mm. 6.2 Vérification des performances de sécurité Simuler une coupe à grande vitesse ($V_c = 1\,000$ m/min) pour vérifier l'efficacité du dispositif de protection et de serrage.

7 Logo et logotype

7.1 Les outils de fraisage doivent être marqués avec la vitesse de rotation maximale et la vitesse de coupe, par exemple :

V_c max : 1200 m/min, n max : 15 000 tr/min.

7.2 Le marquage doit être conforme à la norme ISO 3855:1977 et être clairement imprimé sur le corps de l'outil.

8 Annexe (informative)

Annexe A : Paramètres de coupe recommandés

Matériau de la pièce	Vitesse de coupe (m/min)	Vitesse d'avance (mm/dent)	Profondeur de coupe (mm)
Acier	300-800	0,1-0,3	1-4
alliage d'aluminium	800-1500	0,2-0,5	2-6

9 Informations sur la publication

Date de sortie : 01/09/2001

Date de confirmation : 15/03/2007 (version actuelle valide)

Numéro de norme internationale : ISO 15641:2001

Comité technique : ISO/TC 29/SC 9 - Outils à arêtes de coupe définies

Code ICS : 25.100.20 (Outils de fraisage)

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

appendice:

Forets en carbure

Les forets en carbure sont des outils indispensables en usinage. Grâce à leur excellente dureté et à leur résistance à l'usure, ils offrent des solutions efficaces pour diverses tâches de perçage. Grâce à leur rotation et à leur avance à grande vitesse, ces forets permettent de percer avec précision des trous dans les métaux, les non-métaux et les matériaux composites. Ils sont performants aussi bien pour l'usinage de trous profonds que pour les opérations de précision de petits diamètres. Les forets en carbure sont composés de carbure de tungstène (WC) comme matériau de base et de cobalt (Co) comme liant, et frittés grâce à une technologie avancée de métallurgie des poudres. Les nuances de matériaux les plus courantes incluent le YG6X (réputé pour sa structure nanocristalline, sa dureté modérée et sa ténacité équilibrée) et le YW1 (excellente résistance à la chaleur, adapté à l'usinage de trous profonds). Leur conception structurelle comprend du carbure intégral ou des formes complexes avec des canaux de refroidissement internes. Le corps de la fraise est généralement en acier ou en carbure haute résistance pour garantir sa stabilité sous fortes charges.

1. Conception et optimisation de la géométrie

La conception géométrique des forets carbure est la base de leur efficacité de perçage. Les concepteurs améliorent leurs performances et leur durée de vie en ajustant précisément les paramètres. L'angle d'hélice est généralement compris entre 25° et 35°. Cette conception permet une évacuation fluide des copeaux tout en réduisant les frottements entre le foret et la pièce. L'angle avant est généralement compris entre 5° et 10° pour optimiser l'efficacité de coupe. L'angle arrière est contrôlé entre 6° et 12° pour garantir la stabilité du foret au contact de la pièce. Foret polyvalent, le foret hélicoïdal présente une lame simple et convient à une grande variété de matériaux. Le diamètre de perçage varie de 5 à 50 mm. Les forets pour trous profonds, tels que les forets canon, sont équipés de canaux de refroidissement internes et le rapport longueur/diamètre peut atteindre 100:1, ce qui est particulièrement adapté à l'usinage de trous de plus de 100 mm de profondeur. Les forets étagés utilisent une structure de lame multicouche, permettant de réaliser simultanément des trous étagés de différents diamètres. Ils sont largement utilisés dans la fabrication de moules et de pièces mécaniques. L'optimisation géométrique combine l'analyse par éléments finis (AEF) et la simulation d'usinage pour garantir l'intégrité structurelle du foret lors du perçage à grande vitesse (jusqu'à 10 000 tr/min). La profondeur de la rainure de copeaux (2 à 4 mm) est ajustée en fonction des besoins d'usinage afin d'éviter efficacement l'encrassement.

2. Revêtement et traitement de surface

La technologie de revêtement a considérablement amélioré les performances des forets en carbure, leur permettant de faire face à des environnements d'usinage plus exigeants. Les revêtements PVD (dépôt physique en phase vapeur) tels que TiN (jaune doré, 2 à 5 microns d'épaisseur) et TiCN (gris noir, 5 à 10 microns d'épaisseur) offrent une bonne protection contre l'usure et sont particulièrement adaptés à l'usinage général des métaux ; les revêtements CVD (dépôt chimique en phase vapeur) tels que le diamant (5 à 10 microns d'épaisseur) sont idéaux pour l'usinage de matériaux durs ou composites grâce à leur dureté ultra-élevée. En termes de traitement de surface, le polissage contrôle la rugosité de surface à $Ra < 0,2$ micron pour réduire l'adhérence des copeaux ; la technologie de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

microtexturation laser creuse des microsillons de lubrification à la surface du foret pour réduire les frottements ; certains forets haut de gamme utilisent des nanorevêtements (tels que le nano- TiAlN , avec des grains inférieurs à 50 nanomètres) pour améliorer les performances en usinage ultra-précis. L'adhérence du revêtement est vérifiée par un test de rayure (charge critique > 70 N) pour garantir qu'il ne tombera pas lors d'une utilisation à long terme.

3. Caractéristiques techniques et performances

Les performances des forets en carbure sont reconnues pour leur excellente performance dans diverses tâches de perçage. Les vitesses de coupe varient de 50 à 300 m/min, selon le matériau de la pièce et le type de foret. Par exemple, l'acier est généralement de 100 à 200 m/min, tandis que les alliages d'aluminium peuvent atteindre 200 à 300 m/min. La dureté des forets se situe généralement entre 1800 et 2200 HV, tandis que l'YG6X peut atteindre 1900 à 2000 HV grâce à sa structure nanocristalline, ce qui est suffisant pour les pièces très dures. La ténacité à la rupture est de 12 à 16 MPa·m^{1/2}, et la nuance YW1 offre d'excellentes performances grâce à sa résistance à la chaleur, ce qui la rend particulièrement adaptée à l'usinage de trous profonds. La résistance à l'usure est inférieure à 0,03 millimètre cube par Newton-mètre et, après revêtement, elle est encore réduite à 0,02 millimètre cube par Newton-mètre, ce qui prolonge considérablement la durée de vie. Sa résistance à la chaleur jusqu'à 900 °C (grâce au revêtement CVD) garantit sa fiabilité même dans les environnements à haute température. La précision d'usinage est contrôlée à 0,01 mm près pour répondre aux exigences des pièces de haute précision.

4. Exigences de traitement et demandes

Les exigences d'usinage et les applications des forets en carbure reflètent leurs caractéristiques multifonctionnelles. Les paramètres de coupe varient selon le matériau. Par exemple, la vitesse de coupe de l'acier est de 100 à 200 mètres par minute, l'avance de 0,1 à 0,3 mm par tour et la profondeur de coupe de 5 à 20 mm ; les alliages d'aluminium nécessitent une vitesse de coupe de 200 à 300 mètres par minute, une avance de 0,2 à 0,4 mm par tour et une profondeur de coupe de 10 à 30 mm. Le choix de la méthode de refroidissement est également crucial. La coupe à sec convient à la fonte et permet de réduire l'utilisation de liquide de refroidissement ; la coupe humide avec un liquide de refroidissement à base d'émulsion ou d'huile est plus adaptée à l'acier et aux alliages de titane, ce qui permet de réduire efficacement les dommages thermiques. Pour l'usinage de trous profonds, le refroidissement haute pression (10-20 bars) améliore considérablement l'efficacité d'évacuation des copeaux et la durée de vie du foret grâce aux canaux de refroidissement internes. Dans les applications réelles, l'industrie automobile utilise souvent des forets pour traiter des trous profonds dans les blocs-cylindres et les bielles, ce qui nécessite une grande précision et une longue durée de vie ; la fabrication de composants électroniques s'appuie sur eux pour traiter les micro-trous dans les cartes de circuits imprimés, en se concentrant sur les détails et la cohérence ; le perçage de trous profonds de pièces structurelles aéronautiques telles que les joints d'aile dépend également de ses excellentes performances.

5. Défis et solutions

L'utilisation de forets en carbure présente certains défis, mais des stratégies d'adaptation

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

scientifiques permettent de les résoudre efficacement. L'encrassement des copeaux est un problème fréquent lors du perçage, notamment lors de l'usinage de trous profonds. Il peut être atténué par l'optimisation de la conception des rainures et l'ajout de revêtements autolubrifiants (tels que le MoS₂) ; l'accumulation de chaleur est fréquente lors du perçage à grande vitesse, et un système de refroidissement efficace et un revêtement résistant à la chaleur permettent de contrôler efficacement la température ; le faux-rond du foret peut entraîner des diamètres de trou imprécis, et l'utilisation d'un corps de foret à haute rigidité et d'un traitement de renforcement des arêtes peut améliorer la stabilité ; pour les matériaux durs, l'usure accélérée est le principal problème, et un affûtage régulier ou l'utilisation de revêtements diamantés peuvent prolonger considérablement la durée de vie. Ensemble, ces solutions garantissent la fiabilité du foret dans des conditions de travail complexes.

6. Tendances d'optimisation et de développement

L'optimisation et le développement des forets en carbure reflètent la quête d'efficacité et d'intelligence de l'industrie. En termes d'optimisation structurelle, le canal de refroidissement interne intégré permet de réduire efficacement la température du foret, la conception de la tête de coupe réglable s'adapte facilement à différentes ouvertures, et la technologie d'équilibrage dynamique améliore la stabilité du perçage à grande vitesse. En termes d'innovation matérielle, le nano-carbure améliore la dureté et la ténacité grâce à ses grains fins (moins de 0,5 micron), et la conception du matériau à gradient permet au foret d'offrir à la fois une dureté et une ténacité élevées. La tendance à l'intelligence permet d'intégrer des capteurs au foret pour surveiller l'usure et la température en temps réel, et d'ajuster dynamiquement les paramètres de perçage grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle. En termes de technologie de fabrication, les technologies d'impression 3D telles que la fusion sélective par laser (SLM) permettent de créer des structures de foret complexes, telles que des canaux de refroidissement intégrés, tandis que la technologie de dépôt laser permet de réparer les forets usés. La tendance en matière de protection de l'environnement a favorisé le développement de revêtements de coupe à sec (tels que les revêtements composites en graphène), réduisant la dépendance aux liquides de refroidissement, tandis que l'utilisation de matériaux recyclables réduit également l'impact environnemental.

7. Durée de vie et entretien

La durée de vie des forets en carbure varie en fonction des conditions d'usinage et des matériaux de la pièce. Elle est généralement comprise entre 10 et 30 heures, par exemple environ 15 heures pour l'usinage de l'acier et jusqu'à 25 heures pour l'usinage des alliages d'aluminium. Les travaux d'entretien comprennent un affûtage régulier, l'utilisation de meules diamantées pour garantir une erreur d'angle inférieure à 0,5°, la réparation du revêtement par CVD pour restaurer les performances et un pré-réglage laser pour garantir une erreur inférieure à 0,005 mm. Ces mesures permettent de prolonger efficacement la durée de vie du foret. Une fois mis au rebut, le tungstène et le cobalt qu'il contient peuvent être recyclés et réutilisés par fusion et retour au four, conformément au concept de développement durable.

8. Normes et certifications de l'industrie

La production et l'utilisation de forets en carbure cimenté doivent être conformes aux normes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

internationales et nationales, telles que la norme ISO 1641 de la norme ISO et la série de normes nationales chinoises GB/T, pour garantir la qualité et la sécurité.

9. Classification détaillée

Les forets en carbure peuvent être divisés en plusieurs catégories selon les exigences de traitement et les scénarios d'application, chaque type a sa propre conception et son propre objectif uniques :

foret hélicoïdal

Ce foret polyvalent présente une lame de conception simple et adaptée à une grande variété de matériaux, avec un diamètre de perçage compris entre 5 et 50 mm. L'angle de coupe est compris entre 5° et 10°, l'angle de retour entre 6° et 10°, et la nuance YG6X est sélectionnée. Le revêtement TiN (épaisseur 2-5 microns) assure une bonne résistance à l'usure. La vitesse de coupe est de 100 à 250 mètres par minute et la précision est inférieure à 0,01 mm. Il est largement utilisé pour les travaux de perçage courants .

Forage de trous profonds

Conçu pour l'usinage de trous profonds, équipé de canaux de refroidissement internes, avec un rapport longueur/diamètre jusqu'à 100:1, il convient aux trous de plus de 100 mm de profondeur. Angle de coupe de 8° à 12°, angle de retour de 8° à 12°, nuance YW1, revêtement diamant (épaisseur de 5 à 10 microns) pour une meilleure résistance à la chaleur. Vitesse de coupe de 50 à 150 mètres par minute, précision inférieure à 0,01 mm, couramment utilisé dans les blocs moteurs et les composants hydrauliques.

perceuse étagée

La structure multicouche de la lame permet de réaliser simultanément des trous étagés de différents diamètres, avec une plage de diamètres de perçage de 10 à 40 mm. L'angle de coupe est de 5° à 10°, l'angle de recul de 6° à 10°, et la nuance YG6X et le revêtement TiCN (épaisseur de 5 à 10 microns) améliorent la durabilité. La vitesse de coupe est de 100 à 200 mètres par minute, avec une précision inférieure à 0,01 mm. Elle est largement utilisée dans les moules et les pièces mécaniques.

10. Sélection et correspondance

Le choix du foret carbure adapté nécessite une prise en compte complète du matériau de la pièce et du type d'usinage. Par exemple, les forets hélicoïdaux YG6X sont utilisés pour le perçage de l'acier, les forets YW1 pour l'usinage de trous profonds, et les forets étagés avec revêtement diamant sont plus adaptés à l'usinage des matériaux composites. Les performances de la machine-outil sont également cruciales : une puissance de broche supérieure à 3 kW et une vitesse de rotation supérieure à 5 000 tr/min permettent d'exploiter pleinement le potentiel du foret.

11. Tableau récapitulatif de la classification des forets en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Type de foret	Diamètre (mm)	Angle de coupe (°)	Angle de dépouille (°)	Grades applicables	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
foret hélicoïdal	5-50	5-10	6-10	YG6X	TiN (2-5 μm)	100-250	5-20	<0,01	à usage général , acier
Forage de trous profonds	-	8-12	8-12	YW1	Diamant (5-10 μ m)	50-150	>100	<0,01	Vérins, pièces hydrauliques
perceuse étagée	10-40	5-10	6-10	YG6X	TiCN (5-10 μm)	100-200	10-30	<0,01	Moules , pièces mécaniques

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tout besoin de forets en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

 Tél. : +86 592 5129696



E-mail : sales@chinatungsten.com



Site Web : www.tungstenpowder.com



Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



appendice:

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

1. Définition et fonction du foret hélicoïdal en carbure

Le foret hélicoïdal en carbure est un outil de coupe rotatif haute performance conçu pour un perçage efficace et précis. Il est largement utilisé dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile et la production de pièces mécaniques. Sa principale caractéristique est sa conception hélicoïdale à double ou multi-tranchants, combinée aux excellentes performances du carbure, permettant un perçage à grande vitesse, l'usinage de trous profonds et une finition de paroi de haute qualité.

Les forets hélicoïdaux en carbure sont fabriqués à partir de carbure et présentent une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Ils conviennent au perçage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et la fonte. Leur conception à rainure hélicoïdale (angle d'hélice généralement compris entre 30° et 40°) optimise l'évacuation des copeaux et la circulation du liquide de refroidissement. Ils sont largement adaptés aux machines-outils à commande numérique (CNC), aux perceuses et aux centres d'usinage, et permettent de réaliser efficacement des perçages débouchants, borgnes et profonds. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT6-IT8, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,4-1,2 micron. Comparés aux forets hélicoïdaux traditionnels en acier rapide, les forets hélicoïdaux en carbure améliorent considérablement la vitesse de coupe (augmentation de 30 à 50 %), la durée de vie (50 à 150 heures) et la résistance à la rupture (résistance à la flexion de 2 000 à 2 500 MPa). Ils sont performants pour le perçage de haute précision et sous fortes charges. Leur conception est très flexible : le diamètre du foret, l'angle d'hélice et la géométrie de la lame peuvent être personnalisés en fonction du diamètre du trou, de sa profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les paramètres de perçage.

2. Caractéristiques structurelles des forets hélicoïdaux en carbure

La conception structurelle des forets hélicoïdaux en carbure vise à obtenir un perçage efficace, une excellente évacuation des copeaux et une résistance aux vibrations. Ils adoptent généralement une structure à queue cylindrique (conformément à la norme DIN 6535 HA/HB), avec une disposition hélicoïdale à double ou multi-arêtes, associée à une capacité de coupe axiale permettant l'usinage de trous profonds. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 0,5 mm à 40 mm, les micro-forets hélicoïdaux ($D < 3$ mm) sont utilisés pour le traitement des micro-trous, les moyens ($D = 3-20$ mm) conviennent au perçage général et les grands ($D > 20$ mm) sont utilisés pour le perçage lourd.

de tige : tige droite (DIN 6535 HA tige plate ou HB sans tige), le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe, classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm), longueur de la tige (40-150 mm) personnalisée en fonction de la profondeur d'usinage et des exigences de serrage de la machine.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Longueur totale (L) : 50 mm à 300 mm, convient aux petites CNC (50-150 mm) ou aux perceuses lourdes (200-300 mm), extra long (350 mm) pour le perçage de trous profonds (jusqu'à 10D).

Longueur de coupe effective (l) : 10 mm à 200 mm, le perçage peu profond (10-50 mm) convient aux trous de surface, le perçage profond (100-200 mm) convient aux trous profonds ou au perçage à plusieurs étages, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 3:1-10:1.

Angle d'hélice : 20°-50°, la valeur standard est de 30°-40°, la conception en spirale optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, 35°-40° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité des parois des trous, et 25°-30° peut être utilisé pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 2 à 4 arêtes de coupe, la norme étant la conception à double tranchant. Les petits diamètres ($D < 5$ mm) ont deux arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 5$ mm) peuvent en avoir 3 à 4 pour améliorer l'efficacité de coupe. L'augmentation du nombre d'arêtes nécessite des machines-outils à haute rigidité.

La lame hélicoïdale adopte des rainures en double spirale (disposition symétrique ou asymétrique) et est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir la régularité de la pointe du foret et du profil de la rainure ($Ra \leq 0,05$ micron). Le corps du foret est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors du perçage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés d'orifices de refroidissement internes (diamètre 0,3-1 mm, pression 5-15 bar) ou d'une conception antivibratoire, ce qui améliore considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 25 à 35 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 600 °C), ce qui convient au perçage de trous profonds ou au traitement de matériaux collants.

3. Matériau du foret hélicoïdal en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 60-80 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 70-100 heures.

K40 : Teneur en cobalt 12%, dureté HV 1600-1800, résistance à la flexion 2200-2500 MPa, spécialement conçu pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100) et de sa conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K, alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) pour optimiser la résistance à la chaleur.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Fabrication de forets hélicoïdaux en carbure

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1\%$), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³, la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : Tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage (Ra $\leq 0,05$ microns), finition des pointes de forets et des rainures avec des abrasifs diamantés.

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

5. Paramètres techniques du foret hélicoïdal en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-150 m/min pour l'acier, 30-100 m/min pour l'alliage de titane, 100-250 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,15 mm/tr.

Profondeur de perçage (L/D) : 3:1 à 10:1 (standard), trou profond jusqu'à 20:1 (avec support de refroidissement).

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du trou $< 0,01$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,4-1,2 microns.

6. Scénarios d'application importants des forets hélicoïdaux en carbure cémenté

de moules : perçage de trous de positionnement du moule (diamètre 5-10 mm, profondeur 20-50 mm), Ra $< 0,8$ micron.

Aérospatiale : Usinage de trous de fuselage en alliage de titane (diamètre 6-12 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Perçage de trous de blocs moteurs (diamètre 10-20 mm), Ra $< 1,0$ micron.

Pièces mécaniques : Usinage des trous d'arbres d'engrenages (profondeur 15-40 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

Précautions d'emploi des forets hélicoïdaux en carbure

Machines- outils : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 2 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15-20 L/min) ou liquide de refroidissement interne de la perceuse (pression 5-10 bar).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Paramètres : Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/tr, profondeur de perçage segmentée (5D par segment).

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 20-40 Nm.

Usure : Remplacez la pointe du foret lorsque l'usure VB atteint 0,3 mm ou que la paroi du trou est rayée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de forets hélicoïdaux en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Qu'est-ce qu'un foret à trou profond en carbure ?

1. Définition et fonction du foret pour trous profonds en carbure cimenté

Le foret pour trous profonds en carbure est un outil de coupe rotatif haute performance conçu pour le perçage profond de haute précision. Il est largement utilisé dans l'aérospatiale, l'automobile, la fabrication d'équipements énergétiques, l'usinage de moules et la production de pièces mécaniques. Sa principale caractéristique réside dans sa conception spéciale à arêtes multiples ou simples, combinée aux excellentes performances du carbure cimenté, permettant un perçage profond efficace et stable (profondeur généralement supérieure à 5 fois le diamètre, rapport L/D > 5:1). Il est particulièrement adapté aux conditions de travail exigeant une grande précision et des parois de trou lisses. Les forets pour trous profonds en carbure cimenté présentent une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Ils conviennent au perçage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et la fonte.

Les forets pour trous profonds sont généralement équipés de canaux de refroidissement internes ou de systèmes d'évacuation des copeaux externes. Les copeaux sont évacués par un liquide de refroidissement haute pression (5-20 bars) ou par air comprimé. Ils sont parfaitement adaptés aux machines-outils à commande numérique (CNC), aux perceuses pour trous profonds et aux équipements d'usinage spéciaux. Ils permettent l'usinage efficace de trous profonds, borgnes et étagés, avec une précision d'usinage allant jusqu'à IT6-IT9 et une rugosité de surface allant jusqu'à Ra 0,4-1,5 micron. Comparés aux forets hélicoïdaux traditionnels, les forets pour trous profonds en carbure améliorent considérablement la profondeur de perçage (jusqu'à 30D ou plus), le contrôle des copeaux et la résistance à la rupture (résistance à la flexion de 2000-2500 MPa). Ils sont également performants pour l'usinage de trous profonds tels que les trous d'arbres de moteurs d'avion, les trous de vérins hydrauliques et les moules. Ils offrent une grande flexibilité de conception, et le diamètre du foret, la géométrie de la lame et le système de refroidissement peuvent être personnalisés en fonction du diamètre du trou, de la profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les paramètres de perçage.

2. Caractéristiques structurelles du foret pour trous profonds en carbure cimenté

La conception structurelle des forets carbure pour trous profonds vise à obtenir un perçage efficace, une excellente évacuation des copeaux et une excellente résistance aux vibrations. Ils sont généralement dotés de queues droites ou de structures de serrage spéciales, avec une disposition hélicoïdale à un seul tranchant (type foret canon) ou à plusieurs tranchants (type foret BTA), et sont équipés de canaux de refroidissement internes ou externes pour s'adapter à l'usinage en grande profondeur. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 1 mm à 50 mm, les forets pour micro-trous profonds (D<5 mm) sont utilisés

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pour le traitement des micro-trous, les forets moyens ($D=5-20\text{ mm}$) conviennent aux trous profonds généraux et les grands ($D>20\text{ mm}$) sont utilisés pour le perçage lourd.

de tige : tige droite (DIN 6535 HA/HB) ou interface spéciale (interface BTA), le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe, classe de tolérance h6 ($0/-0,006\text{ mm}$), longueur de la tige ($50-200\text{ mm}$) personnalisée en fonction de la profondeur de traitement et des exigences de serrage de la machine.

Longueur totale (L) : 100 mm à 1000 mm , convient aux machines de perçage CNC de taille moyenne ($100-300\text{ mm}$) ou aux machines de perçage de trous profonds spéciaux ($500-1000\text{ mm}$), extra-longue (1200 mm) pour le perçage de trous extrêmement profonds (profondeur jusqu'à $30D$).

Longueur de coupe effective (l) : 50 mm à 800 mm , le perçage peu profond ($50-150\text{ mm}$) convient aux trous de profondeur moyenne, le perçage profond ($400-800\text{ mm}$) convient aux trous profonds ou au perçage à plusieurs étages, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à $5:1-30:1$.

Angle d'hélice : $20^\circ-40^\circ$, la valeur standard est de $25^\circ-35^\circ$, la conception en spirale optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, $30^\circ-35^\circ$ est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité des parois des trous, et $20^\circ-25^\circ$ peut être sélectionné pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 1 à 3 arêtes, principalement à un seul tranchant (foret à canon). Les petits diamètres ($D<10\text{ mm}$) possèdent une arête, tandis que les diamètres moyens et grands ($D>10\text{ mm}$) peuvent en posséder deux ou trois pour améliorer l'efficacité de coupe. L'augmentation du nombre d'arêtes nécessite des machines-outils et des systèmes de refroidissement à haute rigidité.

La lame de forage pour trous profonds est généralement conçue avec une lame unique ou une lame multiple asymétrique. L'angle de pointe du foret ($118^\circ-150^\circ$) est personnalisable. La lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002\text{ mm}$) pour garantir un profil de pointe et de rainure lisse ($R_a \leq 0,05\text{ micron}$). Le corps du foret est équipé d'orifices de refroidissement internes (diamètre $0,3-2\text{ mm}$, pression $5-20\text{ bars}$) ou de rainures externes pour copeaux, ce qui améliore considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 30 à 40%) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 600^\circ\text{C}$), ce qui est idéal pour le perçage de trous profonds ou l'usinage de matériaux collants. Le corps de l'outil est équilibré dynamiquement (balourd $< 5\text{ g}\cdot\text{mm}/\text{kg}$, vitesse d'essai $15\,000\text{ tr/min}$) afin de réduire les vibrations lors du perçage à grande vitesse (amplitude $< 0,005\text{ mm}$).

3. Matériau de forage en carbure pour trous profonds

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6% , dureté HV $1800-1900$, résistance à la flexion $1800-2000\text{ MPa}$, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre $70-100$ heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV $1900-2000$, résistance à la chaleur 800°C , adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre $80-120$ heures.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

K40 : Teneur en cobalt 12%, dureté HV 1600-1800, résistance à la flexion 2200-2500 MPa, spécialement conçu pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 100-150 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100) et de sa conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) . Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) pour optimiser la résistance à la chaleur et à l'oxydation.

4. Fabrication de forets en carbure pour trous profonds

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1$ %), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³ , la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : Tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage (Ra $\leq 0,05$ microns), finition des pointes de foret et des trous de refroidissement avec des abrasifs diamantés.

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

5. Paramètres techniques du foret à trous profonds en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : acier 40-120 m/min, alliage de titane 20-80 m/min, alliage d'aluminium 80-200 m/min.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,15 mm/tr.

Profondeur de perçage (L/D) : 5:1 à 30:1 (standard), trou profond jusqu'à 50:1 (avec support de liquide de refroidissement interne).

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du trou $< 0,01$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,4-1,5 microns.

6. Scénarios d'application des forets pour trous profonds en carbure cémenté

Aéronautique : Perçage de trous d'arbres moteurs (diamètre 10-20 mm, profondeur 200-500 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Industrie automobile : Traitement d'alésages de vérins hydrauliques (diamètre 15-30 mm), Ra $< 1,0$ micron.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Equipements énergétiques : Perçage de trous profonds sur arbres de turbines (profondeur 300-800 mm), précision $\pm 0,015$ mm.

Moule Fabrication : Traitement des trous de refroidissement du moule (diamètre 5-10 mm), $Ra < 0,8$ micron.

Précautions d'emploi des forets à trous profonds en carbure

Machine-outil : Perceuse spéciale pour trous profonds ou CNC cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW.

Refroidissement : Système de refroidissement interne haute pression (10-20 bar, 20-30 L/min) ou liquide de refroidissement par pulvérisation externe.

Paramètres : V_c 100 m/min, f_z 0,05 mm/tr, profondeur de perçage segmentée (5-10D par segment).

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 40-60 Nm.

Usure : Remplacez la pointe du foret lorsque l'usure VB atteint 0,3 mm ou que la paroi du trou est rayée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de forets pour trous profonds en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

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

1. Définition et fonction du foret étagé en carbure

Outil de coupe rotatif haute performance conçu pour l'usinage de trous à ouvertures multiples ou étagés. Largement utilisé dans l'usinage des métaux, la fabrication de moules, l'industrie automobile, l'aérospatiale et la production de pièces mécaniques, il se distingue par sa conception étagée ou multi-diamètres. Grâce aux excellentes performances du carbure, il permet d'usiner des trous ou des sections de transition de différents diamètres en un seul perçage, réduisant ainsi le temps de traitement. Le foret étagé en carbure, dont la base est en carbure, présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Il est adapté au perçage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et les alliages d'aluminium.

La géométrie unique de la lame du foret étagé (généralement de 2 à 5 niveaux de diamètre) optimise l'effort de coupe et l'évacuation des copeaux. Largement adapté aux machines-outils CNC, aux perceuses et aux centres d'usinage, il permet d'usiner efficacement des trous étagés, fraisés et chanfreinés. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT6-IT8 et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,4-1,2 micron. Comparés aux forets étagés traditionnels, les forets étagés en carbure améliorent considérablement l'efficacité d'usinage (augmentation de 40 à 60 %), la régularité du diamètre du trou (erreur < 0,01 mm) et la durée de vie de l'outil (50 à 120 heures). Ils sont performants dans les situations nécessitant un assemblage ou une connexion de haute précision. Offrant une grande flexibilité de conception, il permet de personnaliser la taille et l'angle de la lame en fonction de la combinaison de diamètres de trou, de la profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les paramètres de perçage.

2. Caractéristiques structurelles des forets étagés en carbure

La conception structurelle des forets étagés en carbure vise à obtenir un perçage multi-étages efficace, une excellente évacuation des copeaux et une excellente résistance aux vibrations. Ils adoptent généralement une structure à queue droite (conformément à la norme DIN 6535 HA/HB), avec une disposition étagée des arêtes multiples sur la lame, combinée à une capacité de coupe axiale permettant l'usinage de trous complexes. Voici ses caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : allant de 3 mm à 40 mm, les micro-forets étagés ($D < 6$ mm) sont utilisés pour le traitement des micro-trous, la taille moyenne ($D = 6-20$ mm) convient aux trous étagés généraux, la grande taille ($D > 20$ mm) est utilisée pour le perçage lourd, les combinaisons de diamètres étagés peuvent être personnalisées (telles que 3-5 mm, 10-15 mm).

de tige : tige droite (DIN 6535 HA tige plate ou HB sans tige), le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe maximal, classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm), longueur de la tige (40-150 mm) personnalisée en fonction de la profondeur de traitement et des exigences de serrage de la machine.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Longueur totale (L) : 60 mm à 300 mm, convient aux petits centres d'usinage CNC (60-150 mm) ou de taille moyenne (200-300 mm), extra long (350 mm) pour le perçage de trous étagés profonds (profondeur jusqu'à 10D).

Longueur de coupe effective (l) : 15 mm à 200 mm, le perçage peu profond (15-50 mm) convient aux trous étagés de surface, le perçage profond (100-200 mm) convient aux trous étagés profonds ou à plusieurs niveaux, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre maximal est généralement contrôlé à 3:1-8:1.

Angle d'hélice : 20°-40°, la valeur standard est de 25°-35°, la conception en spirale optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, 30°-35° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité des parois des trous, et 20°-25° peut être sélectionné pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance.

de coupe : 2 à 6 arêtes, selon le diamètre et le nombre de crans. La conception standard est à double tranchant. Chaque cran supplémentaire permet d'augmenter d'une à deux arêtes. Pour les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm), le nombre de crans peut atteindre 4 à 6 pour une meilleure efficacité de coupe.

Le tranchant étagé adopte une transition de diamètre multi-niveaux (différence de diamètre de chaque niveau de 0,5 à 5 mm, angle de 5° à 15°) et est usiné par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour assurer la régularité de chaque profil d'étage ($Ra \leq 0,05$ micron). Le corps du foret est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 12 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors du perçage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés d'orifices de refroidissement internes (diamètre 0,3 à 1 mm, pression 5 à 10 bars) ou d'une conception anti-vibration, ce qui améliore considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 500 °C), ce qui convient au perçage de trous profonds multi-niveaux ou au traitement de matériaux collants.

3. Matériau du foret étagé en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 60-80 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 70-100 heures.

K30 : Teneur en cobalt 8%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement conçu pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100) et de sa conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) . Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pour optimiser la résistance à la chaleur.

4. Fabrication de forets étagés en carbure

Le processus de fabrication comprend :

Préparation de la matière première : la poudre de carbure de tungstène est mélangée à de la poudre de cobalt (précision $\pm 0,1\%$), du TiC ou du NbC est ajouté, la taille des particules est de 0,5 à 2 microns, broyée à boulets pendant 24 à 48 heures et un dispersant à l'éthanol est ajouté pour assurer l'uniformité.

Pressage : La presse hydraulique applique 150-200 MPa, une densité de 14,5-15,2 g/cm³, la technologie CIP est utilisée pour améliorer l'uniformité et la précision du moule est contrôlée à $\pm 0,02$ mm.

Frittage à haute température : protection sous vide ou hydrogène, 1400°C-1600°C, 10-12 heures, chauffage par étapes pour éliminer les pores.

Post-traitement : Tournage (voile $< 0,01$ mm), rectification (précision $\pm 0,002$ mm), polissage (Ra $\leq 0,05$ microns), finition du bord étagé avec abrasif diamanté.

TiAlN (3-8 microns) ou AlCrN (3-7 microns) déposé par procédé PVD pour réduire le coefficient de frottement et prolonger la durée de vie.

5. Paramètres techniques du foret étagé en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : 50-150 m/min pour l'acier, 30-100 m/min pour l'alliage de titane, 100-250 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,15 mm/tr.

Profondeur de perçage (L/D) : 3:1 à 10:1 (standard), trous étagés profonds jusqu'à 15:1 (avec support de refroidissement).

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision de pas $< 0,01$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,4-1,2 microns.

6. Scénarios d'application importants des forets étagés en carbure

Fabrication de moules : Perçage de fraises de moules (5-10 mm de diamètre, 20-40 mm de profondeur), Ra $< 0,8$ micron.

Industrie automobile : Usinage de trous étagés de culasse (diamètre 10-15 mm) avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Aérospatiale : Perçage de trous de connexion en alliage de titane (profondeur 30-60 mm), Ra $< 1,0$ micron.

Pièces mécaniques : Usinage de trous étagés dans les portées de roulements (diamètre 12-20 mm), précision $\pm 0,005$ mm.

7. Précautions d'emploi des forets étagés en carbure

Machines-outils : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 3 kW.

Refroidissement : Liquide de coupe haute pression (10 bar, 15-20 L/min) ou système de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

refroidissement interne.

Paramètres : Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/tr, profondeur de perçage segmentée (5D par segment).

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 20-40 Nm.

Usure : Remplacer lorsque l'usure de la lame VB atteint 0,3 mm ou qu'une déformation de l'échelon se produit.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de forets étagés en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Que sont les outils d'alésage en carbure ?

Les outils d'alésage en carbure sont des outils spéciaux utilisés pour l'agrandissement et la finition de précision des trous dans l'usinage mécanique. Grâce à leur excellente dureté et à leur résistance à l'usure, ils offrent une solution efficace et précise pour l'usinage des trous internes de diverses pièces. Ces outils d'alésage sont largement utilisés dans les applications de fabrication exigeant une précision et une qualité élevées. Ils tournent à basse vitesse et sont alimentés avec précision sur tours ou aléseuses pour l'agrandissement, le calibrage et la finition de surface des trous internes. Les outils d'alésage en carbure sont à base de carbure de tungstène (WC), additionné de cobalt (Co) comme liant, et frittés par métallurgie des poudres de précision. Les nuances de matériaux les plus courantes sont le YG8 (haute ténacité, adapté à la coupe intermittente), le YT15 (forte résistance à la chaleur, adapté à l'usinage de l'acier) et le YW2 (excellentes performances globales, adapté aux conditions de travail complexes). Leurs conceptions sont variées, avec une structure en carbure intégrée et une configuration flexible de lames réglables ou remplaçables. Le corps de l'outil est généralement en acier haute résistance pour garantir la stabilité lors des usinages à fortes charges et à grandes courses.

1. Conception et optimisation de la géométrie

Les fraises à aléser en carbure sont essentielles à leur bon fonctionnement. Les concepteurs ajustent soigneusement les paramètres pour répondre aux différentes exigences d'usinage. L'angle avant de l'outil est généralement compris entre 5° et 10°. Cet angle permet de réduire l'effort de coupe et d'améliorer la formation de copeaux ; l'angle arrière, généralement compris entre 6° et 12°, assure un contact fluide entre la fraise et la paroi intérieure de la pièce et évite ainsi une usure excessive. Le chanfrein de l'arête de coupe (0,1-0,2 mm) améliore la résistance à l'écaillage en répartissant les contraintes, notamment lors des coupes intermittentes. Les fraises à aléser à un seul tranchant conviennent à la finition de petits trous, d'un diamètre compris entre 5 et 30 mm et d'une longueur maximale de 200 mm ; les fraises à aléser multi-arêtes sont utilisées pour les trous de grand diamètre, avec un nombre de lames compris entre 2 et 6 et un diamètre compris entre 50 et 200 mm, adaptées à l'usinage intensif. Les fraises à aléser réglables permettent une précision d'ouverture grâce à un dispositif de réglage fin et sont largement utilisées pour l'usinage multi-processus. L'optimisation de la géométrie combine la conception assistée par ordinateur (CAO) et l'analyse de simulation pour garantir que l'outil d'alésage reste stable pendant l'usinage à basse vitesse et à haute précision (jusqu'à 3 000 tr/min), et la profondeur de la rainure des copeaux (1 à 3 mm) est ajustée en fonction de la profondeur du trou pour assurer une évacuation fluide des copeaux.

2. Revêtement et traitement de surface

La technologie de revêtement a conféré aux outils d'alésage en carbure des avantages de performance supplémentaires, leur permettant de s'adapter à des environnements d'usinage plus complexes. Les revêtements PVD (dépôt physique en phase vapeur) tels que le TiN (jaune doré, 2 à 5 microns d'épaisseur) offrent une protection primaire contre l'usure et sont particulièrement adaptés à l'usinage des métaux non ferreux ; les revêtements CVD (dépôt chimique en phase vapeur) tels que le TiAlN (noir violet, 10 à 20 microns d'épaisseur) sont idéaux pour l'usinage de l'acier et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de la fonte grâce à leur résistance à la chaleur jusqu'à 1 000 °C. En termes de traitement de surface, le processus de polissage contrôle la rugosité de surface à $Ra < 0,2$ micron pour réduire l'adhérence des copeaux ; la technologie de microtexturation laser forme des microsillons lubrifiants à la surface de l'outil pour réduire le coefficient de frottement ; certains outils d'alésage haut de gamme utilisent des nanorevêtements (tels que le nano- TiAlN , avec des grains inférieurs à 50 nanomètres), ce qui améliore considérablement les performances en usinage de haute précision. L'adhérence du revêtement est vérifiée par un test de rayure (charge critique > 70 N) pour garantir que le revêtement ne se décollera pas lors d'une utilisation à long terme.

3. Caractéristiques techniques et performances

Les fraises à aléser en carbure cémenté sont un outil puissant pour l'usinage de précision et sont très appréciées dans l'industrie. Leur vitesse de coupe varie de 50 à 200 mètres par minute, selon le matériau de la pièce. Par exemple, l'acier atteint généralement 100 à 150 mètres par minute, tandis que la fonte peut atteindre 150 à 200 mètres par minute. La dureté des fraises à aléser est généralement comprise entre 1800 et 2100 HV. La nuance YT15 peut atteindre 2000 à 2100 HV grâce au carbure de titane, ce qui est suffisant pour les pièces très dures. La ténacité à la rupture est de 12 à 18 MPa·m^{1/2}. La nuance YG8 présente une ténacité supérieure grâce à sa forte teneur en cobalt (8 %), ce qui la rend particulièrement adaptée à la coupe intermittente. La résistance à l'usure est inférieure à 0,03 millimètre cube par Newton-mètre, et elle est encore réduite à 0,02 millimètre cube par Newton-mètre après revêtement, ce qui prolonge considérablement la durée de vie. La résistance à la chaleur peut atteindre 1 000 °C (grâce au revêtement CVD), ce qui assure une stabilité optimale dans les environnements à haute température. La précision d'usinage est contrôlée à 0,005 mm près, répondant aux exigences d'usinage de haute précision des trous intérieurs.

4. Exigences de traitement et demandes

Les outils d'alésage en carbure cémenté reflètent leur valeur unique dans la fabrication de précision. Les paramètres de coupe varient selon le matériau. Par exemple, la vitesse de coupe de l'acier est de 100 à 150 mètres par minute, l'avance de 0,05 à 0,2 mm par tour et la profondeur de coupe de 0,5 à 2 mm ; la fonte requiert une vitesse de coupe de 150 à 200 mètres par minute, une avance de 0,1 à 0,3 mm par tour et une profondeur de coupe de 1 à 3 mm. Le choix de la méthode de refroidissement est également crucial. La coupe à sec convient à la fonte et permet de réduire l'utilisation de liquide de refroidissement ; la coupe humide utilisant une émulsion ou un liquide de refroidissement à base d'huile est plus adaptée à l'acier et aux alliages de titane, ce qui permet de réduire efficacement les dommages thermiques ; pour le forage de trous profonds, le refroidissement haute pression (10-15 bars) améliore considérablement l'efficacité de l'évacuation des copeaux grâce aux canaux de refroidissement internes. Dans les applications pratiques, l'industrie automobile utilise souvent des fraises à aléser pour traiter les trous intérieurs des chemises de cylindre et des vilebrequins, qui nécessitent une grande précision et une longue durée de vie ; la fabrication de moules s'appuie sur elle pour affiner les trous de guidage des matrices d'emboutissage, en se concentrant sur la qualité de surface ; l'industrie aéronautique, comme l'élargissement des trous intérieurs des carters de moteur, s'appuie également sur ses excellentes performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Défis et solutions

L'utilisation d'outils d'alésage en carbure peut poser problème, mais ces problèmes peuvent être résolus grâce à des stratégies d'adaptation scientifiques. Lors de l'alésage, une mauvaise évacuation des copeaux est un problème fréquent dans l'usinage de trous profonds. Ce problème peut être résolu en optimisant la conception des rainures et en ajoutant des revêtements autolubrifiants (tels que le MoS₂). L'accumulation de chaleur est fréquente lors de l'usinage à faible vitesse et à forte charge. Un système de refroidissement efficace et un revêtement résistant à la chaleur permettent de contrôler efficacement la température. Le faux-rond de l'outil d'alésage peut entraîner des erreurs d'ouverture. L'utilisation d'un corps d'outil à haute rigidité et d'un traitement de renforcement des arêtes peut améliorer la stabilité. Pour les matériaux durs, l'usure accélérée est le principal problème. Un affûtage régulier ou l'utilisation de revêtements diamantés peuvent prolonger considérablement la durée de vie. Ces solutions garantissent la fiabilité des outils d'alésage dans des conditions de travail complexes.

6. Tendances d'optimisation et de développement

Les outils d'alésage en carbure cimenté reflètent la quête d'efficacité et d'intelligence de l'industrie. En termes d'optimisation structurelle, le canal de refroidissement interne intégré permet de réduire efficacement la température de l'outil d'alésage, la conception de la tête d'outil réglable s'adapte facilement à différentes ouvertures, et la technologie d'équilibrage dynamique améliore la stabilité des usinages à basse vitesse et de haute précision. En termes d'innovation matérielle, le carbure nano-cimenté améliore la dureté et la ténacité grâce à ses grains fins (moins de 0,5 micron), et la conception du matériau à gradient permet à l'outil d'alésage d'offrir à la fois une dureté et une ténacité élevées. La tendance à l'intelligence permet d'intégrer des capteurs aux outils d'alésage pour surveiller l'usure et la température en temps réel, et d'ajuster dynamiquement les paramètres d'alésage grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle. En termes de technologie de fabrication, les technologies d'impression 3D telles que la fusion sélective par laser (SLM) permettent de créer des structures d'outils d'alésage complexes, telles que des canaux de refroidissement intégrés, tandis que la technologie de dépôt laser permet de réparer les outils d'alésage usés. La tendance en matière de protection de l'environnement a favorisé le développement de revêtements de coupe à sec (tels que les revêtements composites en graphène), réduisant la dépendance aux liquides de refroidissement, tandis que l'utilisation de matériaux recyclables réduit également l'impact environnemental.

7. Durée de vie et entretien

La durée de vie des outils d'alésage en carbure varie selon les conditions d'usinage et les matériaux de la pièce. Elle est généralement comprise entre 15 et 30 heures, par exemple environ 20 heures pour l'usinage de l'acier et jusqu'à 25 heures pour l'usinage de la fonte. Les travaux d'entretien comprennent un affûtage régulier, l'utilisation de meules diamantées pour garantir une erreur d'angle inférieure à 0,5°, la réparation du revêtement par CVD pour restaurer les performances et le prétréglage laser pour garantir une erreur inférieure à 0,005 mm. Ces mesures permettent de prolonger efficacement la durée de vie des outils d'alésage. Une fois l'outil mis au rebut, les matériaux en tungstène et cobalt qu'il contient peuvent être recyclés et réutilisés par fusion et retour

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

au four, conformément au concept de développement durable.

8. Normes et certifications de l'industrie

Les outils d'alésage en carbure cémenté doivent être conformes aux normes internationales et nationales, telles que la norme ISO 13399 et la série de normes nationales chinoises GB/T, afin de garantir qualité et sécurité. En matière de certification, les certifications de sécurité CE et RoHS sont essentielles. Si nécessaire, vous pouvez contacter CTIA GROUP pour obtenir des informations techniques pertinentes. CTIA GROUP offre aux utilisateurs des conseils professionnels pour le choix et l'utilisation.

9. Classification détaillée des outils d'alésage en carbure

Les outils d'alésage en carbure peuvent être divisés en plusieurs catégories selon les exigences de traitement et les scénarios d'application, chaque type a sa propre conception et son propre objectif uniques :

Outil d'alésage à un tranchant : Convient pour la finition de petits trous de 5 à 30 mm de diamètre et jusqu'à 200 mm de longueur. Angle de coupe : 5° à 8°, angle de coupe : 6° à 10°, nuance YG8, revêtement TiN (épaisseur : 2 à 5 microns) pour une meilleure résistance à l'usure. Vitesse de coupe : 100 à 150 m/min, précision : inférieure à 0,005 mm. Largement utilisé pour les petits trous d'arbre et l'usinage des portées de roulements.

Outil d'alésage multi-arêtes : utilisé pour l'ébauche et la finition de trous de grand diamètre, de 2 à 6 arêtes et de 50 à 200 mm de diamètre. Angle de coupe : 5° à 10°, angle de coupe : 6° à 12°, nuance YT15, revêtement TiAlN (épaisseur : 10 à 20 microns) pour une meilleure résistance à la chaleur. Vitesse de coupe : 100 à 200 m/min, précision : inférieure à 0,01 mm. Utilisation courante : machines lourdes et carters de moteurs.

Outil d'alésage réglable : Un dispositif de réglage fin permet d'obtenir un diamètre de trou précis, la plage de diamètres de perçage s'étendant de 20 à 150 mm. L'angle avant est de 5° à 10°, l'angle arrière de 6° à 12°, et la nuance YW2 est sélectionnée. Le revêtement multicouche (par exemple, TiN+Al₂O₃) offre des performances optimales. La vitesse de coupe est de 80 à 150 mètres par minute, et la précision est inférieure à 0,005 mm. Il est largement utilisé pour l'usinage multi-processus et l'usinage de trous internes complexes.

10. Sélection et correspondance

Le choix d'un outil d'alésage en carbure adapté nécessite une prise en compte complète du matériau de la pièce et du type d'usinage. Par exemple, les outils d'alésage multi-arêtes YT15 sont utilisés pour la finition de l'acier, les outils d'alésage mono-arête YG8 pour l'ébauche de la fonte, et les outils d'alésage réglables YW2 avec revêtement multicouche sont plus adaptés à l'usinage de trous internes complexes. Les performances de la machine-outil sont également cruciales : une puissance de broche supérieure à 5 kW et une vitesse de rotation de 1 000 à 3 000 tr/min permettent d'exploiter pleinement le potentiel de l'outil d'alésage.

11. Tableau récapitulatif de la classification

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

Type d'outil d'alésage	Nombre de lames	diamètre (mm)	Angle avant (°)	Angle arrière (°)	En vigueur Marque	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
Outil d'alésage à un seul tranchant	1	5-30	5-8	6-10	YG8	TiN (2-5 μm)	100-150	0,5-2	<0,005	Petit alésage d'arbre, boîtier de roulement
Outil d'alésage à arêtes multiples	2-6	50-200	5-10	6-12	YT15	TiAlN (10-20 μm)	100-200	1-3	<0,01	Machinerie lourde, logements
Outil d'alésage réglable	-	20-150	5-10	6-12	YW2	TiN + Al ₂ O ₃	80-150	0,5-2	<0,005	Trou intérieur complexe, processus multiples

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d' outils d'alésage en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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:

outil d'alésage à un seul tranchant en carbure ?

1. Définition et fonction de l'outil d'alésage à un seul tranchant en carbure

L'alésoir à arête unique en carbure est un outil de coupe haute performance conçu pour l'usinage et l'alésage de précision des trous internes . Il est largement utilisé dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production d'équipements énergétiques et d'autres secteurs. Sa principale caractéristique est sa conception à arête unique , combinée aux excellentes performances du carbure cémenté, qui permet une finition de haute précision des trous internes, un ajustement du diamètre des trous et une optimisation de l'état de surface. L'alésoir à arête unique en carbure cémenté présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux hautes températures. Il est adapté à l'alésage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel et la fonte. La conception à un seul tranchant réduit les fluctuations de la force de coupe (taux de dispersion de la force < 10 %) grâce à un point de coupe unique. Associée à une structure de barre d'outils réglable, elle est largement compatible avec les machines-outils à commande numérique (CNC), les aléseuses et les centres d'usinage. Elle permet de réaliser efficacement l'élargissement de trous, l'alésage fin, le chanfreinage et l'usinage de surfaces intérieures, avec une précision d'usinage allant jusqu'au niveau IT5-IT7 et une rugosité de surface Ra de 0,1 à 0,6 micron.

Comparés aux outils d'alésage multi-arêtes, les outils d'alésage mono-arête en carbure offrent une plus grande flexibilité (précision de réglage $\pm 0,005$ mm) et un meilleur contrôle des copeaux (efficacité d'enlèvement des copeaux augmentée de 15 à 25 %) dans les trous de petit diamètre (< 10 mm) ou exigeant une précision élevée. Ils sont particulièrement adaptés aux usinages nécessitant un réglage précis du diamètre du trou ou des formes internes complexes. Leur conception est très flexible et la taille de la lame, l'angle et la longueur de la tige peuvent être personnalisés en fonction du diamètre du trou, de sa profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un logiciel de FAO pour optimiser dynamiquement les paramètres de coupe et améliorer ainsi la qualité d'usinage et la durée de vie de l'outil.

2. Caractéristiques structurelles des fraises à aléser en carbure mono-tranchant

Les outils d'alésage carbure mono-arête visent à réaliser un alésage de haute précision, une excellente évacuation des copeaux et une grande adaptabilité. Ils adoptent généralement une structure à queue cylindrique ou conique, avec une seule arête de coupe au niveau de la lame, associée à une barre porte-outil réglable pour s'adapter à différents diamètres et profondeurs de trou. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : de 2 mm à 50 mm, les micro-outils d'alésage à un seul tranchant ($D < 6$ mm) sont utilisés pour l'alésage fin de micro-trous, les outils de taille moyenne ($D = 6-20$ mm) pour l'usinage

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

général de trous internes et les grands outils ($D > 20$ mm) pour l'alésage intensif. Le diamètre de l'arête de coupe peut être ajusté avec précision grâce à l'arbre porte-outil.

de tige : tige droite (DIN 6535 HA/HB) ou tige conique (BT40, CAT50, HSK-A63), le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe maximal, classe de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), longueur de la tige (50-300 mm) personnalisée en fonction de la profondeur de traitement et des exigences de serrage de la machine-outil, la tige conique améliore la transmission de couple élevé (plage de couple 20-100 Nm).

Longueur totale (L) : 100 mm à 500 mm, convient aux petites CNC (100-200 mm) ou aux aléseuses lourdes (300-500 mm), extra long (600 mm) pour le perçage de trous profonds (profondeur jusqu'à 20D).

Longueur de coupe effective (l) : 20 mm à 400 mm, l'alésage peu profond (20-80 mm) convient à la finition de surface, l'alésage profond (200-400 mm) convient aux trous profonds ou à l'alésage à plusieurs étages, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 5:1-15:1.

Angle d'hélice : 0° - 30° (bord droit ou micro hélice), la valeur standard est de 10° - 20° , optimise l'élimination des copeaux et la réduction des vibrations, 15° - 20° est couramment utilisé pour la finition pour améliorer la qualité de surface, et 0° - 10° peut être utilisé pour l'ébauche pour améliorer la résistance.

La plage de réglage de la lame est de 0,01 à 5 mm (réglage fin). L'ouverture peut être contrôlée avec précision grâce au filetage de la tige ou au mécanisme de réglage excentrique, avec une précision de réglage de $\pm 0,005$ mm.

La fraise à un seul tranchant adopte une conception de coupe à un seul point (angle de tranchant 90° - 120°) et est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir des arêtes de coupe lisses ($Ra \leq 0,02$ micron) et une précision géométrique. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 12 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de l'alésage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,3-1,5 mm, pression 5-15 bar) ou de goujures à copeaux externes, qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 500^{\circ}\text{C}$), ce qui convient au forage de trous profonds ou à l'usinage de matériaux collants. Certains modèles introduisent une conception de tête de coupe remplaçable, et la tête de coupe et la barre d'outils sont reliées par des filetages de haute précision (tolérance 6H/6g), ce qui est pratique pour un remplacement rapide et un réaffûtage de la lame.

3. Matériau de l'outil d'alésage à un seul tranchant en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

atteindre 60-80 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 70-100 heures.

K20 : Teneur en cobalt 8%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement conçu pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 80-120 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (500-800 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) pour optimiser la résistance à la chaleur et la microstructure.

Fabrication d'outils d'alésage à simple tranchant en carbure

Le processus de fabrication comprend plusieurs étapes de précision, de la préparation des matières premières au revêtement final, afin de garantir la précision géométrique, la durabilité et la stabilité des performances de l'outil. Voici un aperçu détaillé du processus de fabrication :

Préparation des matières premières :

Rapport de matériau : La poudre de carbure de tungstène (WC) de haute pureté et la poudre de cobalt (Co) sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la teneur en cobalt est ajustée en fonction de la marque (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) est ajouté pour améliorer les performances, et la taille des particules est contrôlée à 0,5-2 microns.

Procédé de mélange : Le mélange humide est réalisé à l'aide d'un broyeur à boulets planétaire (50-100 tr/min, 24-48 heures), avec de l'éthanol ajouté comme dispersant pour assurer l'homogénéité de la poudre (ségrégation < 1 %).

Contrôle qualité : un granulomètre laser est utilisé pour détecter la distribution granulométrique et un spectromètre de fluorescence X (XRF) pour analyser la composition chimique. L'écart est contrôlé à $\pm 0,05$ %.

Moulage par compression :

Paramètres du processus : Presse hydraulique avec une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche du corps de l'outil avec une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³ , pressage isostatique à froid (CIP, 150 à 200 MPa, 10 à 15 minutes) pour améliorer l'uniformité.

Conception du moule : Le moule est fabriqué en acier haute résistance (dureté HRC 50-55), avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'électroérosion garantissent la précision du formage de la lame.

Contrôle qualité : La densité des ébauches est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$ g/cm³) , la porosité interne est vérifiée par microscopie ($< 0,5\%$).

Frittage à haute température :

Conditions du procédé : four à vide (pression 10^{-2} Pa) ou protection hydrogène, température 1400°C-1600°C, durée 10-12 heures, chauffage étagé (50°C par heure, étape de préchauffage 300°C-600°C) pour éliminer les matières volatiles.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Optimisation du processus : La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les micro-défauts, contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV).

Contrôle qualité : Microscope électronique à balayage (MEB) pour analyser la microstructure, testeur de dureté Vickers pour tester la dureté (HV 1800-2200).

Post-traitement :

Tournage : Tournage extérieur avec outils CBN, précision de battement < 0,01 mm, rugosité de surface $Ra \leq 0,2$ microns.

Rectification : Rectifieuse CNC à cinq axes de très haute précision pour arête de coupe (précision $\pm 0,002$ mm), erreur de profil d'arête de coupe < 0,005 mm, surface $Ra \leq 0,02$ microns.

Polissage : Abrasif diamanté avec granulométrie W0,5-W1,0, bord $Ra \leq 0,01$ micron, polissage électrolytique (densité de courant 0,1 A/cm²) pour éliminer les bavures microscopiques.

Traitement des bords : chanfrein de la pointe du foret (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) pour améliorer la résistance à l'écaillage, géométrie des bords calibrée par interféromètre laser.

Traitement de revêtement :

Technologie du procédé : Le revêtement est réalisé par procédé PVD (pression 10^{-3} Pa, température 400-500°C, taux de dépôt 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$).

Type de revêtement : TiAlN (épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement < 0,1), réduire le coefficient de frottement (< 0,3), augmenter la durée de vie de 30% à 50%.

Contrôle qualité : SEM pour vérifier l'uniformité du revêtement, nanoindenteur pour tester la dureté et l'adhérence (> 70 N), écart d'épaisseur < 0,5 micron.

Contrôle final et emballage :

Tests de performance : la machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) vérifie le diamètre et la précision de la lame (< 0,01 mm), la machine d'équilibrage dynamique corrige le déséquilibre (< 5 g·mm/kg).

Traitement de surface : Revêtement d'huile antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation.

Marquage : Gravure laser avec diamètre, longueur, grade et numéro de lot pour assurer la traçabilité.

5. Paramètres techniques de l'outil d'alésage à un seul tranchant en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (V_c) : 50-150 m/min pour l'acier, 30-100 m/min pour l'alliage de titane, 100-250 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (f_z) : 0,01-0,15 mm/tr.

Profondeur de coupe (a_p) : 0,05-5 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du trou < 0,005 mm.

Rugosité de surface : Ra 0,1-0,6 microns.

scénarios de fraises à aléser à un seul tranchant en carbure cémenté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Les outils d'alésage à simple tranchant en carbure sont largement utilisés dans divers secteurs industriels en raison de leur grande précision et de leur adaptabilité. Voici une description détaillée du scénario, couvrant des cas spécifiques, des données techniques et le contexte industriel :

de moules :

Application : Alésage fin des trous intérieurs du moule, des trous de guidage et des trous de positionnement, les diamètres courants sont de 6 à 20 mm et les profondeurs de 20 à 100 mm.

Cas : Une usine de moulage utilise un outil d'alésage à simple tranchant de 10 mm de diamètre pour aléser finement le trou du guide de l'outil d'emboutissage. La vitesse de coupe est de 100 m/min, l'avance de 0,05 mm/tr, la tolérance de diamètre du trou après usinage est de $\pm 0,003$ mm, le Ra est de 0,2 micron, la durée de vie de l'outil est de 80 heures et la production annuelle est de 1 500 ensembles de moules, avec une amélioration de l'efficacité de 35 %.

Caractéristiques techniques : Une finition et une coaxialité élevées sont requises, et le système de refroidissement interne (10 bars) prend en charge l'usinage de trous profonds.

industrie automobile:

Application : Traitement d'alésages de cylindres de moteur, d'alésages de bielles et d'alésages de carters de boîtes de vitesses, avec des diamètres typiques de 15 à 30 mm et des profondeurs de 30 à 150 mm.

Étude de cas : Une entreprise de pièces automobiles utilise un outil d'alésage à simple tranchant de 20 mm de diamètre pour usiner des cylindres, avec une vitesse de coupe de 80 m/min et une avance de 0,04 mm/tr. La circularité du trou après usinage est inférieure à 0,005 mm, le Ra est de 0,3 micron et la durée de vie de l'outil est de 90 heures. Elle produit 600 000 cylindres par an, réduisant ainsi ses processus de 20 %.

Contexte de l'industrie : Avec la demande croissante de boîtiers de moteurs de véhicules électriques, l'alésage de précision des alliages d'aluminium et des alliages de magnésium est devenu une priorité, et la demande de revêtements anti-adhérence (tels que DLC) pour les outils d'alésage à un seul tranchant a augmenté.

Aérospatial:

Application : perçage de trous de connexion de fuselage en alliage de titane ou en acier haute résistance et de trous de jambe de train d'atterrissage, diamètre commun 10-25 mm, profondeur 50-200 mm.

Étude de cas : Une compagnie aérienne a utilisé un outil d'alésage à simple tranchant de 15 mm de diamètre pour usiner des trous de train d'atterrissage en alliage de titane. La vitesse de coupe était de 50 m/min, l'avance de 0,03 mm/tr, la tolérance du diamètre du trou après usinage était de $\pm 0,004$ mm, le Ra de 0,2 micron, la durée de vie de l'outil de 100 heures et il était conforme à la norme AS9100.

Caractéristiques techniques : Nécessite une résistance à la chaleur et une haute précision, et la pression de refroidissement interne doit être supérieure à 15 bars.

Fabrication d'équipements énergétiques :

Application : Traitement des trous d'arbre de turbine, des trous intérieurs du corps de pompe et des trous du corps de vanne, les diamètres courants sont de 20 à 40 mm et les profondeurs de 100 à 300 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Étude de cas : Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un outil d'alésage à simple tranchant de 25 mm de diamètre pour usiner des trous de corps de pompe hydraulique. La vitesse de coupe est de 70 m/min, l'avance de 0,06 mm/tr, l'erreur de diamètre de trou après usinage est inférieure à 0,01 mm, le Ra est de 0,5 micron, la durée de vie de l'outil est de 110 heures et la production annuelle est de 4 000 corps de pompe, avec une amélioration du rendement de 30 %.

Contexte de l'industrie : Étant donné que les équipements d'énergie éolienne et nucléaire ont des exigences plus élevées en matière de précision des trous profonds, la conception résistante aux vibrations et le canal de refroidissement des fraises à aléser à un seul tranchant sont devenus essentiels.

Dispositifs médicaux :

Application : Perçage de trous intérieurs d'implants orthopédiques ou de trous de positionnement d'instruments chirurgicaux, avec des diamètres courants de 4 à 10 mm et des profondeurs de 10 à 50 mm.

Étude de cas : Une entreprise médicale a utilisé un outil d'alésage à simple tranchant de 6 mm de diamètre pour usiner le trou intérieur d'une articulation de la hanche en alliage de titane. La vitesse de coupe était de 40 m/min, l'avance de 0,02 mm/tr, la tolérance du diamètre du trou après usinage était de $\pm 0,002$ mm, le Ra de 0,1 micron, la durée de vie de l'outil de 60 heures et il était conforme aux normes de biocompatibilité de la FDA.

Caractéristiques techniques : Nécessite une précision et une qualité de surface extrêmement élevées, utilise souvent un revêtement TiAlN pour réduire la contamination du métal.

Pièces mécaniques :

Application : Traitement des trous de siège de roulement, des trous d'arbre d'engrenage et des trous intérieurs du boîtier de pompe, les diamètres courants sont de 12 à 30 mm et les profondeurs de 50 à 150 mm.

Étude de cas : Un fabricant de machines utilise un outil d'alésage à un seul tranchant de 18 mm de diamètre pour usiner des trous de paliers. La vitesse de coupe est de 90 m/min, l'avance de 0,05 mm/tr, la circularité du trou après usinage est inférieure à 0,006 mm, le Ra est de 0,4 micron, la durée de vie de l'outil est de 85 heures et la production annuelle de 100 000 paliers est supérieure de 25 %.

Contexte de l'industrie : À mesure que la demande de traitement de trous profonds de grand diamètre dans les machines lourdes augmente, la rigidité et la durabilité des outils d'alésage à un seul tranchant deviennent un avantage concurrentiel.

Précautions d'emploi des outils d'alésage à simple tranchant en carbure

Machine-outil : CNC trois axes ou cinq axes, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 3 kW, il est recommandé d'utiliser une aléuseuse à haute rigidité (rigidité du guidage > 3000 N/ μ m).

Refroidissement : fluide de coupe haute pression (10 bar, 15-20 l/min) ou système de refroidissement interne (pression de 5-15 bar). Les matériaux visqueux (comme l'acier inoxydable) nécessitent un refroidissement renforcé (débit porté à 25 l/min).

Paramètres : Vc 100 m/min, fz 0,05 mm/tr, segment de profondeur de coupe (5D par segment), l'avance dans le segment de transition d'alésage est divisée par deux pour réduire les vibrations.

Installation : Coaxialité $< 0,002$ mm, force de serrage 20-40 Nm (tige droite) ou 40-60 Nm (tige

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

conique), calibrer la coaxialité de la tige de l'outil avant l'installation.

Usure : Remplacer lorsque l'usure de la lame atteint 0,3 mm, que le diamètre du trou est hors tolérance ($> 0,01$ mm) ou que des rayures apparaissent sur la surface. Il est recommandé de vérifier la lame toutes les 20 heures et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser le cycle d'utilisation.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils d'alésage mono-tranchant en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Qu'est-ce qu'un outil d'alésage multi-arêtes en carbure ?

1. Définition et fonction de l'outil d'alésage multi-arêtes en carbure cémenté

Les fraises à aléser multi-arêtes en carbure sont des outils de coupe haute performance conçus pour des opérations d'alésage et d'usinage de trous internes efficaces et précis. Elles sont largement utilisées dans l'usinage, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production d'équipements énergétiques et la fabrication de machines lourdes. Leur principale caractéristique réside dans leur conception multi- arêtes de coupe (généralement de 2 à 6 arêtes), combinée aux excellentes performances du carbure cémenté. Elles permettent d'obtenir des alésages d'ébauche, de semi-finition et de finition très efficaces, particulièrement adaptés à l'usinage de trous de grand diamètre ou profonds. Les fraises à aléser multi-arêtes en carbure cémenté présentent une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées, et sont adaptées à l'alésage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. La conception multi-lames répartit l'effort de coupe sur plusieurs points de coupe (taux de dispersion de l'effort de 20 à 40 %), améliorant ainsi l'efficacité et la stabilité de l'usinage. Largement adaptée aux machines-outils à commande numérique (CNC), aux aléseuses, aux centres d'usinage ou aux équipements d'alésage spéciaux, elle permet de réaliser efficacement l'élargissement de trous, l'alésage fin, le chanfreinage et l'usinage de surfaces intérieures. La précision d'usinage atteint les niveaux IT5-IT7, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,2 à 0,8 micron.

Les outils d'alésage multi-arêtes en carbure offrent une vitesse de coupe supérieure (augmentation de 30 à 50 %) et une résistance aux vibrations (réduction de 15 à 25 %) dans les trous de diamètre moyen à grand (> 10 mm) ou avec un débit d'enlèvement de matière élevé. Ils sont particulièrement adaptés aux charges lourdes et aux environnements de production de masse. Leur conception est très flexible et le nombre d'arêtes, la géométrie des arêtes et la longueur de la queue peuvent être personnalisés en fonction du diamètre du trou, de sa profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux progrès de la technologie de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré aux logiciels de FAO (tels qu'HyperMill et Edgecam) pour optimiser dynamiquement les paramètres de coupe et améliorer l'efficacité de l'usinage et la durée de vie de l'outil.

2. Caractéristiques structurelles des fraises à aléser multi-arêtes en carbure cémenté

Les fraises à aléser multi-arêtes en carbure visent à obtenir un alésage efficace, une grande rigidité et une excellente évacuation des copeaux. Elles adoptent généralement une structure à queue cylindrique, à queue conique ou à barre d'outils modulaire, avec une disposition en spirale multi-arêtes ou à arêtes droites, combinant des capacités de coupe radiale et axiale pour s'adapter à l'usinage de trous internes complexes. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

Diamètre (D) : de 10 mm à 100 mm, les micro-outils d'alésage multi-tranchants (D<15 mm) sont

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

utilisés pour l'alésage fin de petits trous, les outils de taille moyenne ($D=15-50$ mm) pour l'usinage général de trous internes, et les grands outils ($D>50$ mm) pour l'alésage lourd ou les trous de grand diamètre. Le diamètre de l'arête de coupe peut être ajusté avec précision par l'arbre porte-outil.

de tige : tige droite (DIN 6535 HA/HB), tige conique (BT40, CAT50, HSK-A63) ou tige modulaire, le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe maximal, classe de tolérance h6 ($0/-0,006$ mm), longueur de tige ($100-500$ mm) personnalisée en fonction de la profondeur de traitement et des exigences de serrage de la machine, la tige conique ou la conception modulaire prend en charge la transmission de couple élevé (plage de couple $50-200$ Nm).

Longueur totale (L) : 150 mm à 800 mm, convient aux aléseuses CNC de taille moyenne ($150-300$ mm) ou aux aléseuses lourdes ($400-800$ mm), extra-longue (1000 mm) pour le perçage de trous profonds (profondeur jusqu'à $25D$).

Longueur de coupe effective (l) : 30 mm à 600 mm, l'alésage peu profond ($30-100$ mm) convient à la finition de surface, l'alésage profond ($300-600$ mm) convient aux trous profonds ou à l'alésage à plusieurs étages, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à $5:1-20:1$.

Angle d'hélice : $10^{\circ}-40^{\circ}$, la valeur standard est de $15^{\circ}-30^{\circ}$, la conception en spirale optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, $25^{\circ}-30^{\circ}$ est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, $10^{\circ}-20^{\circ}$ peuvent être sélectionnés pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance, certains modèles personnalisés prennent en charge l'angle d'hélice progressif ($10^{\circ}-35^{\circ}$) pour s'adapter à la découpe de trous profonds.

de coupe : 2 à 6 arêtes, selon le diamètre et les exigences de traitement. Les petits diamètres ($D<20$ mm) comportent 2 à 3 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D>20$ mm) en comportent 4 à 6 . L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite des machines-outils à haute rigidité et un système de refroidissement. L'écartement des arêtes $<0,02$ mm garantit une force de coupe uniforme.

La fraise multi-arêtes adopte une conception de coupe multipoints symétrique ou asymétrique (angle d'arête $90^{\circ}-120^{\circ}$), usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir la régularité de l'arête de coupe ($Ra \leq 0,02$ micron) et la précision géométrique. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai $15\,000$ tr/min) afin de réduire les vibrations (amplitude $< 0,005$ mm) lors de l'alésage à grande vitesse. Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre $0,5-2$ mm, pression $5-20$ bar) ou de rainures à copeaux externes (largeur $1-2$ mm), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 25 à 35 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 600 °C), ce qui convient parfaitement à l'alésage de trous profonds ou à l'usinage de matériaux collants. Certains modèles introduisent une conception de tête de coupe modulaire, qui est connectée à la tête de coupe et à la barre d'outils par des filetages de haute précision ou une baïonnette (tolérance $6H/6g$), ce qui est pratique pour un remplacement rapide et un réaffûtage de la lame, et la longueur modulaire peut atteindre 500 mm.

3. Matériau d'outil d'alésage multi-arêtes en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 70-100 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 80-120 heures.

K40 : Teneur en cobalt 12%, dureté HV 1600-1800, résistance à la flexion 2200-2500 MPa, spécialement conçu pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 100-150 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (500-900 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) afin d'optimiser la résistance à la chaleur, la résistance à l'oxydation et l'uniformité microstructurale.

4. Fabrication d'outils d'alésage multi-arêtes en carbure cémenté

Le processus de fabrication comprend plusieurs étapes de précision, de la préparation des matières premières au revêtement final, afin de garantir la précision géométrique, la durabilité et la stabilité des performances de l'outil. Voici un aperçu détaillé du processus de fabrication :

Préparation des matières premières :

Rapport de matériau : La poudre de carbure de tungstène (WC) de haute pureté et la poudre de cobalt (Co) sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la teneur en cobalt est ajustée en fonction de la marque (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) est ajouté pour améliorer les performances, et la taille des particules est contrôlée à 0,5-2 microns.

Procédé de mélange : Le mélange humide est réalisé à l'aide d'un broyeur à boulets planétaire (50-100 tr/min, 24-48 heures), avec de l'éthanol ajouté comme dispersant pour assurer l'homogénéité de la poudre (ségrégation < 1 %).

Contrôle qualité : un granulomètre laser est utilisé pour détecter la distribution granulométrique et un spectromètre de fluorescence X (XRF) pour analyser la composition chimique. L'écart est contrôlé à $\pm 0,05$ %.

Moulage par compression :

Paramètres du processus : Presse hydraulique avec une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche du corps de l'outil avec une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³ , pressage isostatique à froid (CIP, 150 à 200 MPa, 10 à 15 minutes) pour améliorer l'uniformité.

Conception du moule : Le moule est fabriqué en acier haute résistance (dureté HRC 50-55), avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'électroérosion sont utilisées pour garantir la précision de formage de plusieurs lames.

Contrôle qualité : La densité des ébauches est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

g/cm³), la porosité interne est vérifiée par microscopie (< 0,5%).

Frittage à haute température :

Conditions du procédé : four à vide (pression 10⁻² Pa) ou protection hydrogène, température 1400°C-1600°C, durée 10-12 heures, chauffage étagé (50°C par heure, étape de préchauffage 300°C-600°C) pour éliminer les matières volatiles.

Optimisation du processus : La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les micro-défauts, contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV).

Contrôle qualité : Microscope électronique à balayage (MEB) pour analyser la microstructure, testeur de dureté Vickers pour tester la dureté (HV 1800-2200).

Post-traitement :

Tournage : Tournage extérieur avec outils CBN, précision de battement < 0,01 mm, rugosité de surface Ra ≤ 0,2 microns.

Rectification : La rectifieuse CNC à cinq axes de très haute précision traite plusieurs arêtes de coupe (précision ± 0,002 mm), erreur de profil d'arête de coupe < 0,005 mm, surface Ra ≤ 0,02 microns.

Polissage : Abrasif diamanté avec granulométrie W0,5-W1,0, bord Ra ≤ 0,01 micron, polissage électrolytique (densité de courant 0,1 A/cm²) pour éliminer les bavures microscopiques.

Traitement des bords : Pointe de lame chanfreinée (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) pour améliorer la résistance à l'écaillage, géométrie de lame calibrée par interféromètre laser.

Traitement de revêtement :

Technologie du procédé : Le revêtement est réalisé par procédé PVD (pression 10⁻³ Pa, température 400-500°C, taux de dépôt 0,1-0,2 µm/h).

Type de revêtement : TiAlN (épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement < 0,1), réduire le coefficient de frottement (< 0,3), augmenter la durée de vie de 30% à 50%.

Contrôle qualité : SEM pour vérifier l'uniformité du revêtement, nanoindenteur pour tester la dureté et l'adhérence (> 70 N), écart d'épaisseur < 0,5 micron.

Test et emballage :

Tests de performance : la machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) vérifie le diamètre et la précision de la lame (< 0,01 mm), la machine d'équilibrage dynamique corrige le déséquilibre (< 5 g·mm/kg).

Traitement de surface : Revêtement d'huile antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation.

Marquage : Gravure laser avec diamètre, longueur, nombre de cannelures, grade et numéro de lot pour assurer la traçabilité.

5. Paramètres techniques des fraises à aléser multi-arêtes en carbure cémenté

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (V_c) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane, 100-300 m/min pour l'alliage d'aluminium.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Vitesse d'avance (fz) : 0,02-0,25 mm/tr.

Profondeur de coupe (ap) : 0,1-10 mm.

Tolérance : diamètre $\pm 0,01$ mm, précision du trou $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,2-0,8 microns.

6. Scénarios d'application des fraises à aléser multi-arêtes en carbure cémenté

Les fraises à aléser multi-arêtes en carbure sont largement utilisées dans de nombreux secteurs industriels en raison de leur rendement élevé et de leur capacité à partager la force de coupe. Voici une description détaillée du scénario, couvrant des cas spécifiques, des données techniques et le contexte industriel :

de moules :

Application : Alésage grossier et fin de cavités de moules, de bagues de guidage et de trous de refroidissement, les diamètres typiques sont de 20 à 50 mm et les profondeurs de 50 à 200 mm.

Cas : Une usine de moulage utilise un outil d'alésage à quatre arêtes de 30 mm de diamètre pour ébaucher la cavité intérieure du moule d'emboutissage. La vitesse de coupe est de 150 m/min, l'avance de 0,15 mm/tr, la tolérance de diamètre du trou après usinage est de $\pm 0,008$ mm, le Ra de 0,5 micron, la durée de vie de l'outil est de 100 heures et la production annuelle est de 1 200 ensembles de moules, avec une amélioration du rendement de 40 %.

Caractéristiques techniques : Un taux d'enlèvement de métal élevé et une stabilité élevée sont requis, et le système de refroidissement interne (15 bars) prend en charge l'usinage de trous profonds.

industrie automobile:

Application : Traitement des alésages de cylindres de moteurs, d'axes de vilebrequins et de carters de boîtes de vitesses, avec des diamètres typiques de 30 à 70 mm et des profondeurs de 80 à 250 mm.

Étude de cas : Une entreprise de pièces automobiles utilise un outil d'alésage à six arêtes de 50 mm de diamètre pour aléser finement l'alésage de l'arbre principal du bloc-cylindres. La vitesse de coupe est de 120 m/min, l'avance de 0,10 mm/tr, la circularité du trou après usinage est inférieure à 0,006 mm, le Ra est de 0,3 micron, la durée de vie de l'outil est de 120 heures et la production annuelle est de 800 000 blocs-cylindres, avec un temps d'usinage réduit de 25 %.

Contexte de l'industrie : La demande de traitement de trous de grand diamètre dans les carters de moteurs de véhicules électriques et les systèmes de transmission a augmenté, et la haute efficacité des outils d'alésage multi-arêtes est devenue un avantage.

Aérospatial:

Application : perçage de trous de connexion de fuselage en alliage de titane ou en acier haute résistance et de trous de jambe de train d'atterrissage, diamètre commun 25-60 mm, profondeur 100-300 mm.

Étude de cas : Une compagnie aérienne a utilisé un outil d'alésage à 4 arêtes de 40 mm de diamètre pour usiner des trous de train d'atterrissage en alliage de titane. La vitesse de coupe était de 80 m/min, l'avance de 0,08 mm/tr, la tolérance du diamètre du trou après usinage était de $\pm 0,005$ mm, le Ra de 0,2 micron, la durée de vie de l'outil de 130 heures et il était conforme à la norme AS9100.

Caractéristiques techniques : Nécessite une résistance à la chaleur et une haute précision, et la pression de refroidissement interne doit être supérieure à 20 bars.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fabrication d'équipements énergétiques :

Application : Traitement des trous d'arbre de turbine, des grands trous du corps de pompe et des trous du corps de vanne, les diamètres courants sont de 40 à 100 mm et les profondeurs de 200 à 500 mm.

Étude de cas : Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un outil d'alésage à 6 arêtes de 60 mm de diamètre pour usiner des trous dans des corps de pompe hydraulique. La vitesse de coupe est de 100 m/min, l'avance de 0,12 mm/tr, l'erreur de diamètre du trou après usinage est inférieure à 0,01 mm, le Ra est de 0,6 micron et la durée de vie de l'outil est de 150 heures. La production annuelle est de 3 000 corps de pompe, avec une amélioration de 35 % du rendement.

Contexte de l'industrie : Les équipements d'énergie éolienne et nucléaire ont des exigences plus élevées en matière de précision d'usinage et de qualité de surface des trous profonds de grand diamètre, et la résistance aux vibrations et la conception du refroidissement des fraises à aléser multi-arêtes sont cruciales.

Machinerie lourde :

Application : Traitement des trous de broche de machine-outil, des trous intérieurs de boîte de vitesses et des grands trous de coulée, les diamètres courants sont de 50 à 100 mm et les profondeurs de 200 à 600 mm.

Étude de cas : Un fabricant de machines utilise un outil d'alésage à 5 arêtes de 80 mm de diamètre pour usiner le trou de broche d'une machine-outil. La vitesse de coupe est de 90 m/min, l'avance de 0,10 mm/tr, la circularité du trou après usinage est inférieure à 0,008 mm, Ra de 0,5 micron, et la durée de vie de l'outil est de 140 heures. La production annuelle de 5 000 pièces de machine-outil a permis d'augmenter l'efficacité de 30 %.

Contexte de l'industrie : À mesure que la demande de traitement de trous profonds de grand diamètre dans les machines lourdes augmente, la rigidité et la durabilité des outils d'alésage multi-arêtes deviennent un avantage concurrentiel.

Construction navale :

Application : Traitement des alésages de cylindres de moteurs marins et des trous d'arbres d'hélice, les diamètres courants sont de 70 à 120 mm et les profondeurs de 300 à 800 mm.

Cas : Un chantier naval utilise un outil d'alésage à 6 arêtes de 100 mm de diamètre pour usiner le trou de l'arbre du propulseur. La vitesse de coupe est de 80 m/min, l'avance de 0,15 mm/tr, la tolérance du diamètre du trou après usinage est de $\pm 0,01$ mm, le Ra est de 0,7 micron, la durée de vie de l'outil est de 160 heures et la production annuelle est de 200 propulseurs, ce qui améliore le rendement de 40 %.

Caractéristiques techniques : Une rigidité élevée et une capacité d'usinage de trous profonds sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite un support haute pression (20 bars).

Précautions d'emploi des outils d'alésage multi-tranchants en carbure

Machine- outil : CNC cinq axes ou aléseuse robuste, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW, il est recommandé d'utiliser une broche à haute rigidité (rigidité du guidage > 4000 N/ μ m) .
Refroidissement : fluide de coupe haute pression (10-20 bar, 20-30 l/min) ou système de refroidissement interne (pression 5-20 bar). Les matériaux visqueux (comme l'acier inoxydable) nécessitent un refroidissement renforcé (débit porté à 35 l/min).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Paramètres : Vc 120 m/min, fz 0,10 mm/tr, profondeur de coupe segmentée (5D par segment), avance divisée par deux dans le segment de transition multi-arêtes pour réduire les vibrations.

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 40-80 Nm (queue conique ou modulaire), calibrer la coaxialité de l'arbre de l'outil et de la broche avant l'installation.

Usure : Remplacer lorsque l'usure de la lame atteint 0,3 mm, que le diamètre du trou est hors tolérance (> 0,01 mm) ou que des rayures apparaissent sur la surface. Il est recommandé de vérifier la lame toutes les 30 heures et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser le cycle d'utilisation.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils d'alésage multi-tranchants en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



appendice:

Qu'est-ce qu'un outil d'alésage réglable en carbure ?

Définition et fonction de l'outil d'alésage réglable en carbure

L'alésoir réglable en carbure est un outil de coupe haute performance conçu pour l'usinage de trous internes de haute précision et les opérations d'alésage flexibles. Il est largement utilisé dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production d'équipements énergétiques et la fabrication d'instruments de précision. Sa principale caractéristique réside dans la combinaison d'une barre d'outil réglable et d'un tranchant en carbure. Grâce à un mécanisme de réglage fin, il permet d'ajuster précisément le diamètre de coupe pour répondre aux besoins de différents diamètres de trous et garantir un usinage de haute précision. L'alésoir réglable en carbure utilise du carbure comme matériau de lame. Il présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Il est adapté à l'alésage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. Sa conception réglable permet un réglage du diamètre grâce à des filetages de précision, un réglage excentrique ou un mécanisme hydraulique (plage de réglage de 0,01 à 10 mm, précision de $\pm 0,002$ mm). Elle est largement compatible avec les machines-outils à commande numérique (CNC), les aléseuses, les centres d'usinage et les équipements d'alésage spéciaux. Elle permet de réaliser efficacement l'élargissement de trous, l'alésage fin, le chanfreinage, l'usinage de surfaces intérieures et la réparation d'ouvertures. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT4-IT6 et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,1 à 0,5 micron.

Les outils d'alésage réglables en carbure offrent une flexibilité accrue (adaptabilité accrue de 50 à 70 %) et une économie (fréquence de remplacement d'outil réduite) pour la production en petites séries, l'usinage de trous multi-spécifications ou le réglage fin de l'ouverture. Ils sont particulièrement adaptés à l'usinage de pièces complexes exigeant une grande précision et un réglage dynamique. Leur conception est extrêmement flexible, et la géométrie de la lame, le mécanisme de réglage et la longueur de la barre d'outils peuvent être personnalisés en fonction de l'ouverture, de la profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré aux logiciels de FAO et aux systèmes de capteurs pour optimiser dynamiquement les paramètres de coupe grâce à un retour d'informations en temps réel.

caractéristiques de la fraise à aléser réglable en carbure

Les outils d'alésage réglables en carbure visent à obtenir un alésage de haute précision, une grande adaptabilité et une excellente évacuation des copeaux. Ils sont généralement proposés avec une tige droite, une tige conique ou une structure modulaire, une lame à un ou plusieurs tranchants, et sont équipés d'un mécanisme de réglage précis pour répondre aux différentes exigences de diamètre de trou. Voici leurs caractéristiques structurelles détaillées, couvrant les paramètres géométriques, la technologie d'usinage et l'optimisation fonctionnelle :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diamètre (D) : allant de 5 mm à 150 mm, les outils d'alésage micro-réglables (D<15 mm) sont utilisés pour l'alésage fin de petits trous, les moyens (D=15-50 mm) conviennent au traitement général des trous internes, les grands (D>50 mm) sont utilisés pour l'alésage lourd ou les trous de grand diamètre, plage de réglage 0,01-10 mm, précision $\pm 0,002$ mm.

de tige : tige droite (DIN 6535 HA/HB), tige conique (BT40, CAT50, HSK-A63) ou tige modulaire, le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe maximal, classe de tolérance h6 (0/-0,006 mm), longueur de la tige (100-600 mm) personnalisée en fonction de la profondeur de traitement et des exigences de serrage de la machine, la conception modulaire prend en charge la transmission de couple élevé (plage de couple 50-300 Nm).

Longueur totale (L) : 150 mm à 1000 mm, convient aux aléseuses CNC de taille moyenne (150-300 mm) ou lourdes (400-1000 mm), extra-longue (1200 mm) pour le perçage de trous profonds (profondeur jusqu'à 30D).

Longueur de coupe effective (l) : 30 mm à 800 mm, l'alésage peu profond (30-100 mm) convient à la finition de surface, l'alésage profond (400-800 mm) convient aux trous profonds ou à l'alésage à plusieurs étages, et le rapport entre la longueur de coupe et le diamètre est généralement contrôlé à 5:1-25:1.

Angle d'hélice : 10° - 40° , la valeur standard est de 15° - 30° , la conception en spirale optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, 25° - 30° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, 10° - 20° peuvent être sélectionnés pour l'ébauche afin d'améliorer la résistance, certains modèles personnalisés prennent en charge l'angle d'hélice progressif (10° - 35°) pour s'adapter à la découpe de trous profonds.

de coupe : 1 à 4 arêtes, selon le diamètre et les exigences de traitement. Les petits diamètres (D<20 mm) comportent 1 à 2 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands (D>20 mm) en comportent 2 à 4. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide. L'erreur d'espacement des arêtes est inférieure à 0,02 mm.

La lame réglable est conçue avec une ou plusieurs lames. Le mécanisme de réglage comprend un filetage de précision (pas de 0,5 à 1 mm), un réglage excentrique (excentricité de 0,01 à 5 mm) ou un réglage hydraulique fin (pression de 0,1 à 1 bar). L'usinage est réalisé par une rectifieuse CNC cinq axes de haute précision (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir la régularité de l'arête de coupe ($R_a \leq 0,02$ micron) et la précision géométrique. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors de l'alésage à grande vitesse (amplitude < 0,005 mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-2,5 mm, pression 5-25 bars) ou de rainures à copeaux externes (largeur 1-2,5 mm), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 25 à 40 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 600°C), ce qui les rend adaptés au perçage profond ou à l'usinage de matériaux collants. Certains modèles intègrent une tête de coupe modulaire. La tête de coupe et la tige d'outil sont reliées par des filetages de haute précision ou des raccords à baïonnette (tolérance 6H/6g), ce qui permet un remplacement et un réaffûtage rapides de la lame. La longueur modulaire peut atteindre 800 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. Matériau de l'outil d'alésage réglable en carbure

Ce matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), dont la structure fine des particules assure une résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes sont :

YG6X : Teneur en cobalt 6 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, convient à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 70-100 heures.

YT15 : Contient du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 80-120 heures.

K30 : Teneur en cobalt 8%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement conçu pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie jusqu'à 100-150 heures.

Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (500-900 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) afin d'optimiser la résistance à la chaleur, la résistance à l'oxydation et l'uniformité microstructurale.

4. Fabrication de fraises à aléser réglables en carbure

Le processus de fabrication comprend plusieurs étapes de précision, de la préparation des matières premières au revêtement final, garantissant la précision géométrique, la durabilité et les performances ajustables de l'outil. Voici un aperçu détaillé du processus de fabrication :

Préparation des matières premières :

Rapport de matériau : La poudre de carbure de tungstène (WC) de haute pureté et la poudre de cobalt (Co) sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la teneur en cobalt est ajustée en fonction de la marque (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) est ajouté pour améliorer les performances, et la taille des particules est contrôlée à 0,5-2 microns.

Procédé de mélange : Le mélange humide est réalisé à l'aide d'un broyeur à boulets planétaire (50-100 tr/min, 24-48 heures), avec de l'éthanol ajouté comme dispersant pour assurer l'homogénéité de la poudre (ségrégation < 1 %).

Contrôle qualité : un granulomètre laser est utilisé pour détecter la distribution granulométrique et un spectromètre de fluorescence X (XRF) pour analyser la composition chimique. L'écart est contrôlé à $\pm 0,05$ %.

Moulage par compression :

Paramètres du processus : Presse hydraulique avec une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche du corps de l'outil avec une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³ , pressage isostatique à froid (CIP, 150 à 200 MPa, 10 à 15 minutes) pour améliorer l'uniformité.

Conception du moule : Le moule est fabriqué en acier haute résistance (dureté HRC 50-55), avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'électroérosion garantissent la précision de formage de la lame et du mécanisme de réglage.

Contrôle qualité : La densité des ébauches est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

g/cm³), la porosité interne est vérifiée par microscopie (< 0,5%).

à haute température :

Conditions du procédé : four à vide (pression 10⁻² Pa) ou protection hydrogène, température 1400°C-1600°C, durée 10-12 heures, chauffage étagé (50°C par heure, étape de préchauffage 300°C-600°C) pour éliminer les matières volatiles.

Optimisation du processus : La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les micro-défauts, contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV).

Contrôle qualité : Microscope électronique à balayage (MEB) pour analyser la microstructure, testeur de dureté Vickers pour tester la dureté (HV 1800-2200).

Post-traitement :

Tournage : Tournage extérieur avec outils CBN, précision de battement < 0,01 mm, rugosité de surface Ra ≤ 0,2 microns.

Rectification : Rectifieuse CNC à cinq axes de très haute précision pour le tranchant et le mécanisme de réglage (précision ± 0,002 mm), erreur de profil du tranchant < 0,005 mm, surface Ra ≤ 0,02 microns.

Polissage : Abrasif diamanté avec granulométrie W0,5-W1,0, bord Ra ≤ 0,01 micron, polissage électrolytique (densité de courant 0,1 A/cm²) pour éliminer les bavures microscopiques.

Traitement des bords : pointe de lame chanfreinée (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) pour améliorer la résistance à l'écaillage, précision du filetage du mécanisme de réglage 6H/6g, géométrie calibrée par interféromètre laser.

Traitement de revêtement :

Technologie du procédé : Le revêtement est réalisé par procédé PVD (pression 10⁻³ Pa, température 400-500°C, taux de dépôt 0,1-0,2 µm/h).

Type de revêtement : TiAlN (épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement < 0,1), réduire le coefficient de frottement (< 0,3), augmenter la durée de vie de 30% à 50%.

Contrôle qualité : SEM pour vérifier l'uniformité du revêtement, nanoindenteur pour tester la dureté et l'adhérence (> 70 N), écart d'épaisseur < 0,5 micron.

Test de l'emballage :

Tests de performance : la machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) vérifie le diamètre, la précision de la lame et la plage de réglage (< 0,01 mm), la machine d'équilibrage dynamique corrige le déséquilibre (< 5 g·mm/kg).

Traitement de surface : Revêtement d'huile antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation.

Marquage : Gravure laser avec plage de diamètre, longueur, grade et numéro de lot pour assurer la traçabilité.

Paramètres techniques de l'outil d'alésage réglable en carbure

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Vitesse de coupe (Vc) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane, 100-300 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,20 mm/tr.

Profondeur de coupe (ap) : 0,05-10 mm.

Tolérance : Précision de réglage du diamètre $\pm 0,002$ mm, précision du diamètre du trou $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,1-0,5 microns.

scénarios de fraises à aléser réglables en carbure

Les outils d'alésage réglables en carbure sont largement utilisés dans de nombreux secteurs industriels grâce à leur haute précision et à leur flexibilité de réglage. Voici une description détaillée du scénario, couvrant des cas spécifiques, des données techniques et le contexte industriel :

de moules :

Application : Alésage fin de trous de guidage, de trous de refroidissement et de trous intérieurs dans des moules, avec des diamètres allant de 10 à 30 mm et des profondeurs de 50 à 150 mm.

Étude de cas : Une usine de moulage utilise un outil d'alésage réglable de 15 à 25 mm de diamètre pour aléser finement le trou du manchon de guidage de l'outil d'emboutissage. La vitesse de coupe est de 120 m/min, l'avance de 0,05 mm/tr, la précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, la tolérance du diamètre du trou après usinage de $\pm 0,003$ mm, le Ra de 0,2 micron, la durée de vie de l'outil de 90 heures et la production annuelle de 1 000 moules, ce qui réduit le remplacement des outils de 50 %.

Caractéristiques techniques : Une finition et une coaxialité élevées sont requises, et le système de refroidissement interne (10 bars) prend en charge l'usinage de trous profonds.

industrie automobile:

Application : Traitement des alésages de cylindres de moteurs, des alésages de bielles et des alésages de carters de boîtes de vitesses, avec des diamètres typiques allant de 20 à 50 mm et des profondeurs de 80 à 200 mm.

Cas : Une entreprise de pièces automobiles utilise un outil d'alésage réglable de 30 à 40 mm de diamètre pour traiter les alésages de cylindres, avec une vitesse de coupe de 100 m/min, une vitesse d'avance de 0,08 mm/tr, une précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, une rondeur du trou de $< 0,005$ mm après traitement, Ra 0,3 micron, une durée de vie de l'outil de 110 heures, une production annuelle de 700 000 cylindres et une réduction de 30 % du temps de traitement.

Contexte de l'industrie : La demande de traitement de trous multi-spécifications dans les boîtiers de moteurs de véhicules électriques a augmenté et la flexibilité des outils d'alésage réglables est devenue la clé.

Aérospatial:

Application : perçage de trous de connexion de fuselage en alliage de titane ou en acier haute résistance et de trous de jambe de train d'atterrissage, plage de diamètres courante de 15 à 40 mm, profondeur de 100 à 300 mm.

Étude de cas : Une compagnie aérienne a utilisé un outil d'alésage réglable de 20 à 30 mm de diamètre pour usiner des trous de train d'atterrissage en alliage de titane. La vitesse de coupe était de 60 m/min, l'avance de 0,04 mm/tr, la précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, la tolérance du

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

diamètre du trou après usinage de $\pm 0,004$ mm, le Ra de 0,2 micron, la durée de vie de l'outil de 120 heures et la conformité à la norme AS9100.

Caractéristiques techniques : Nécessite une résistance à la chaleur et une haute précision, et la pression de refroidissement interne doit être supérieure à 15 bars.

Fabrication d'équipements énergétiques :

Application : Traitement des trous d'arbre de turbine, des grands trous du corps de pompe et des trous du corps de vanne, la plage de diamètre courante est de 40 à 80 mm, la profondeur de 200 à 500 mm.

Étude de cas : Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un outil d'alésage réglable de 50 à 70 mm de diamètre pour usiner des trous de corps de pompe hydraulique. La vitesse de coupe est de 90 m/min, l'avance de 0,10 mm/tr, la précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, l'erreur de diamètre de trou après usinage est inférieure à 0,01 mm, le Ra est de 0,4 micron, la durée de vie de l'outil est de 140 heures et la production annuelle est de 2 500 corps de pompe, ce qui améliore le rendement de 35 %.

La résistance aux vibrations et la conception du refroidissement des fraises à aléser réglables sont particulièrement importantes.

Machinerie lourde :

Application : Traitement des trous de broche de machine-outil, des trous intérieurs de boîte de vitesses et des grands trous de coulée, la plage de diamètre courante est de 60 à 120 mm, la profondeur de 300 à 800 mm.

Étude de cas : Un fabricant de machines utilise une fraise à aléser réglable d'un diamètre de 80 à 100 mm pour usiner le trou de broche d'une machine-outil. La vitesse de coupe est de 80 m/min, l'avance de 0,12 mm/tr, la précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, la circularité du trou après usinage est inférieure à 0,008 mm, le Ra est de 0,5 micron, la durée de vie de l'outil est de 150 heures et la production annuelle de 4 000 pièces de machine-outil a permis d'augmenter l'efficacité de 30 % et la rigidité et la capacité de réglage des outils d'alésage réglables sont devenues un avantage concurrentiel.

Instruments de précision :

Application : alésage de trous d'arbre d'instrument optique, trous de siège de roulement de précision et trous de montage de capteur, plage de diamètres commune 5-20 mm, profondeur 20-100 mm.

Cas : Un fabricant d'instruments de précision utilise un outil d'alésage réglable de 10 à 15 mm de diamètre pour traiter les trous d'arbre de lentille optique, avec une vitesse de coupe de 70 m/min, une vitesse d'avance de 0,03 mm/tr, une précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, une tolérance de diamètre de trou de $\pm 0,001$ mm après traitement, Ra 0,1 micron, une durée de vie de l'outil de 80 heures et une production annuelle de 500 000 instruments, conformément aux normes ISO 2768.

Caractéristiques techniques : Nécessite une précision et une qualité de surface extrêmement élevées, utilise souvent un revêtement DLC pour réduire la friction.

Précautions d'emploi des outils d'alésage réglables en carbure

Machine-outil : CNC cinq axes ou aléseuse robuste, faux-rond $< 0,005$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW, il est recommandé d'utiliser une broche à haute rigidité (rigidité du guidage > 4000 N/ μ m) .

Refroidissement : fluide de coupe haute pression (10-20 bar, 20-30 l/min) ou système de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

refroidissement interne (pression de 5-25 bar). Les matériaux visqueux (comme l'acier inoxydable) nécessitent un refroidissement renforcé (débit porté à 35 l/min).

Paramètres : Vc 100 m/min, fz 0,05-0,10 mm/tr, profondeur de coupe segmentée (5D par segment), recalibrer les paramètres de coupe après réglage pour réduire les vibrations.

Installation : Coaxialité < 0,002 mm, force de serrage 40-80 Nm (queue conique ou modulaire), calibrer l'arbre de l'outil et régler la coaxialité du mécanisme avant l'installation.

Usure : Remplacer lorsque l'usure de la lame (VB) atteint 0,3 mm, que le diamètre du trou est hors tolérance (> 0,01 mm) ou que des rayures apparaissent en surface. Un entretien est nécessaire lorsque le mécanisme de réglage est usé (jeu > 0,01 mm). Il est recommandé de vérifier l'usure toutes les 20 heures et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser le cycle d'utilisation.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils d'alésage réglables en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Que sont les alésoirs en carbure ?

Les alésoirs en carbure sont des outils de précision utilisés pour la finition des trous en usinage. Grâce à leur excellente dureté et à leur résistance à l'usure, ils garantissent un état de surface et une précision dimensionnelle fiables des pièces. Grâce à une rotation lente et à de faibles mouvements d'avance, ces alésoirs permettent de tailler avec précision les trous pré-perçés, afin d'obtenir un diamètre conforme aux exigences de conception. Ils sont largement utilisés dans les secteurs manufacturiers exigeant une précision et une qualité élevées. Les alésoirs en carbure sont fabriqués à partir de carbure de tungstène (WC), additionné de cobalt (Co) comme liant, et fritté par des procédés avancés de métallurgie des poudres. Les nuances de matériaux les plus courantes sont le YG6 (dureté moyenne, adapté à l'usinage général), le YT10 (excellente résistance à la chaleur, adapté à l'acier) et le YW1 (performances élevées, adapté aux matériaux complexes). Leurs conceptions sont variées, avec des structures en carbure intégrées et des configurations réglables ou multi-lames. Le corps de la fraise est généralement en acier ou en carbure haute résistance pour garantir la stabilité lors de l'usinage de précision.

1. Conception et optimisation de la géométrie

La conception géométrique des alésoirs en carbure est au cœur de l'usinage de haute précision. Les concepteurs ajustent soigneusement les paramètres pour améliorer les performances et la durée de vie. L'angle avant est généralement compris entre 0° et 5°. Ce faible angle permet de réduire l'effort de coupe et d'assurer un bon état de surface ; l'angle arrière, généralement compris entre 5° et 10°, assure un contact fluide entre l'alésoir et la paroi du trou et évite ainsi une usure excessive ; le chanfrein de l'arête de coupe (0,05-0,1 mm) améliore la durabilité en répartissant les contraintes, notamment en finition. Les alésoirs à lame droite conviennent à l'usinage de trous standard, avec un diamètre de 5 à 50 mm et un nombre de lames de 4 à 8 ; les alésoirs à lame hélicoïdale utilisent un angle d'hélice de 15° à 30° pour améliorer l'évacuation des copeaux, notamment pour les trous profonds ou les matériaux collants ; les alésoirs réglables permettent un réglage précis de l'ouverture grâce à un mécanisme de réglage fin et sont largement utilisés dans les usinages multi-processus et à tolérances strictes. L'optimisation de la géométrie combine la conception assistée par ordinateur (CAO) et la simulation d'usinage pour garantir que l'alésoir reste stable pendant la finition lente (jusqu'à 2000 tr/min), et la largeur de la goujure à copeaux (1-2 mm) est ajustée en fonction du diamètre du trou et du matériau pour assurer une évacuation en douceur des copeaux.

2. Revêtement et traitement de surface

La technologie de revêtement a conféré aux alésoirs en carbure des avantages de performance supplémentaires, leur permettant de s'adapter à des environnements d'usinage plus complexes. Les revêtements PVD (dépôt physique en phase vapeur) tels que le TiN (jaune doré, 2 à 5 microns d'épaisseur) offrent une bonne protection contre l'usure et sont particulièrement adaptés à l'usinage des alliages d'aluminium et du cuivre ; les revêtements CVD (dépôt chimique en phase vapeur) tels que le TiAlN (noir violet, 5 à 15 microns d'épaisseur) sont idéaux pour la finition de l'acier et de la fonte grâce à leur résistance à la chaleur jusqu'à 1 000 °C. En termes de traitement de surface, le

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

polissage contrôle la rugosité de surface à $Ra < 0,1$ micron pour garantir une surface lisse et délicate à l'intérieur du trou ; la technologie de microtexturation laser sculpte des microsillons de lubrification à la surface de l'alesoir pour réduire le coefficient de frottement ; certains alésoirs haut de gamme utilisent des nanorevêtements (tels que le nano- $TiAlN$, avec des grains inférieurs à 50 nanomètres), ce qui améliore considérablement les performances en usinage de haute précision. L'adhérence du revêtement est vérifiée par un test de rayure (charge critique > 70 N) pour garantir que le revêtement ne se décollera pas lors d'une utilisation à long terme.

3. Caractéristiques techniques et performances

Les performances techniques des alésoirs en carbure en font les meilleurs outils de finition et ont conquis de nombreuses applications. La vitesse de coupe varie de 20 à 100 m/min, selon le matériau de la pièce. Par exemple, l'acier atteint généralement 50 à 80 m/min, tandis que les alliages d'aluminium peuvent atteindre 80 à 100 m/min. La dureté des alésoirs se situe généralement entre 1800 et 2100 HV. Le YT10 peut atteindre 2000 à 2100 HV grâce au carbure de titane, ce qui est suffisant pour les pièces très dures. La ténacité à la rupture est de 12 à 16 $MPa \cdot m^{1/2}$. La nuance YG6 présente une ténacité équilibrée grâce à sa teneur modérée en cobalt (6 %), ce qui la rend particulièrement adaptée à la finition continue. La résistance à l'usure est inférieure à 0,02 millimètre cube par Newton-mètre. Après revêtement, elle est encore réduite à 0,015 millimètre cube par Newton-mètre, ce qui prolonge considérablement la durée de vie. La résistance à la chaleur jusqu'à 1 000 °C (grâce au revêtement CVD) assure une stabilité optimale dans les environnements à haute température. La précision d'usinage est contrôlée à 0,002 mm près, répondant ainsi aux exigences strictes d'usinage de trous de haute précision .

4. Exigences de traitement et demandes

Les exigences de traitement et les applications des alésoirs en carbure reflètent leur valeur unique pour la fabrication de précision. Les paramètres de coupe varient selon le matériau. Par exemple, la vitesse de coupe de l'acier est de 50 à 80 mètres par minute, l'avance de 0,02 à 0,1 mm par tour et la profondeur de coupe de 0,1 à 0,5 mm ; les alliages d'aluminium nécessitent une vitesse de coupe de 80 à 100 mètres par minute, une avance de 0,05 à 0,15 mm par tour et une profondeur de coupe de 0,2 à 0,8 mm. Le choix de la méthode de refroidissement est également crucial. La coupe à sec convient aux alliages d'aluminium et permet de réduire l'utilisation de liquide de refroidissement ; la coupe humide avec une émulsion ou un liquide de refroidissement à base d'huile est plus adaptée à l'acier et à la fonte, ce qui permet de réduire efficacement les dommages thermiques. Pour l'alésage de trous profonds, le refroidissement basse pression (5 à 10 bars) améliore considérablement l'efficacité d'élimination des copeaux grâce à la pulvérisation externe. Dans les applications pratiques, l'industrie automobile utilise souvent des alésoirs pour affiner les trous de guidage des bielles et des blocs-cylindres, ce qui nécessite une grande précision et une qualité de surface ; la fabrication de moules s'appuie sur lui pour découper les trous de positionnement des matrices d'emboutissage, en se concentrant sur la cohérence des diamètres des trous ; l'industrie aéronautique, comme le traitement des trous de refroidissement des aubes de turbine, s'appuie également sur ses excellentes performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Défis et solutions

L'utilisation d'alésoirs en carbure présente certains défis, mais des stratégies d'adaptation scientifiques permettent de les résoudre efficacement. Lors de l'alésage, une mauvaise évacuation des copeaux est un problème fréquent lors de l'usinage de trous profonds. Ce problème peut être résolu en optimisant la conception de la lame hélicoïdale et en ajoutant des revêtements autolubrifiants (tels que le MoS₂). L'accumulation de chaleur est fréquente lors de la finition continue, et un système de refroidissement efficace et un revêtement résistant à la chaleur permettent de contrôler efficacement la température. Le faux-rond de l'alésoir peut entraîner une variation du diamètre du trou. L'utilisation d'un corps d'outil très rigide et le polissage des arêtes peuvent améliorer la stabilité. Pour les matériaux collants, l'adhérence de surface est le principal problème, et un nettoyage régulier ou l'utilisation de revêtements à faible frottement peuvent prolonger considérablement la durée de vie. Ces solutions combinées garantissent la fiabilité de l'alésoir dans des conditions de travail complexes.

6. Tendances d'optimisation et de développement

L'optimisation et le développement des alésoirs en carbure cimenté reflètent la quête d'efficacité et d'intelligence de l'industrie. En termes d'optimisation structurelle, le canal de refroidissement externe par pulvérisation intégré permet de réduire efficacement la température de l'alésoir, la conception de la tête de coupe réglable s'adapte facilement à différentes ouvertures et la technologie d'équilibrage dynamique améliore la stabilité de la finition à basse vitesse. En termes d'innovation matérielle, le carbure nano-cimenté améliore la dureté et la ténacité grâce à ses grains fins (moins de 0,5 micron), et la conception du matériau à gradient permet à l'alésoir d'offrir à la fois une dureté et une ténacité élevées. La tendance à l'intelligence permet d'intégrer des capteurs à l'alésoir pour surveiller l'usure et la température en temps réel et ajuster dynamiquement les paramètres d'alésage grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle. En termes de technologie de fabrication, les technologies d'impression 3D telles que la fusion sélective par laser (SLM) permettent de créer des structures d'alésoir complexes, notamment en optimisant les canaux de refroidissement, tandis que la technologie de dépôt laser permet de réparer les alésoirs usés. La tendance en matière de protection de l'environnement a favorisé le développement de revêtements de coupe à sec (tels que les revêtements composites en graphène), réduisant la dépendance aux liquides de refroidissement, tandis que l'utilisation de matériaux recyclables réduit également l'impact environnemental.

7. Durée de vie et entretien

La durée de vie des alésoirs en carbure varie en fonction des conditions d'usinage et des matériaux de la pièce. Elle est généralement comprise entre 20 et 40 heures, par exemple environ 25 heures pour l'usinage de l'acier et jusqu'à 35 heures pour l'usinage des alliages d'aluminium. Les travaux d'entretien comprennent un affûtage régulier, l'utilisation de meules diamantées pour garantir une erreur d'angle inférieure à 0,5°, la réparation du revêtement par CVD pour restaurer les performances et un préréglage laser pour garantir une erreur inférieure à 0,002 mm. Ces mesures permettent de prolonger efficacement la durée de vie de l'alésoir. Une fois mis au rebut, les matériaux en tungstène et en cobalt qu'il contient peuvent être recyclés et réutilisés par fusion et retour au four, conformément au concept de développement durable.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. Classification détaillée

Les alésoirs en carbure peuvent être divisés en plusieurs catégories selon les exigences de traitement et les scénarios d'application, chaque type a sa propre conception et son propre objectif uniques :

Alésoir à lame droite

Convient pour la finition de trous standards, de diamètres compris entre 5 et 50 mm et de nombres de lames compris entre 4 et 8. Angle de coupe de 0° à 3°, angle de coupe arrière de 5° à 8°, nuance YG6, revêtement TiN (épaisseur de 2 à 5 microns) pour une meilleure résistance à l'usure. Vitesse de coupe de 50 à 80 m/min, précision inférieure à 0,002 mm, largement utilisé pour l'usinage général des trous.

Alésoir à lame hélicoïdale

L'angle d'hélice est compris entre 15° et 30° pour une meilleure évacuation des copeaux, avec une plage de diamètres de 10 à 40 mm et 6 à 10 arêtes. L'angle de coupe est compris entre 2° et 5°, l'angle de dos entre 6° et 10°, et la nuance YT10 est sélectionnée. Le revêtement TiAlN (épaisseur 5-15 microns) améliore la résistance à la chaleur. La vitesse de coupe est comprise entre 40 et 100 mètres par minute et la précision est inférieure à 0,002 mm, ce qui est courant pour les trous profonds et les matériaux collants.

Alésoir réglable

Le réglage précis du diamètre du trou est assuré par un mécanisme de réglage fin, et la plage de diamètres de perçage s'étend de 20 à 100 mm. L'angle de coupe est compris entre 0° et 5°, l'angle de recul entre 5° et 10°, et la nuance YW1 est sélectionnée. Le revêtement multicouche (par exemple TiN+Al₂O₃) offre des performances optimales. La vitesse de coupe est de 30 à 80 mètres par minute, avec une précision inférieure à 0,002 mm. Ce produit est largement utilisé dans les usinages multi-processus et à tolérances strictes.

9. Sélection et correspondance

Le choix d'un alésoir en carbure adapté nécessite une prise en compte complète du matériau de la pièce et du type d'usinage. Par exemple, l'alésoir à lame hélicoïdale YT10 est adapté à la finition de l'acier, l'alésoir à lame droite YG6 à l'usinage des alliages d'aluminium, et l'alésoir réglable YW1 avec revêtement multicouche est plus adapté à l'usinage de trous complexes. Les performances de la machine-outil sont également cruciales : la puissance de la broche doit dépasser 3 kW et la vitesse de rotation doit atteindre 500 à 2 000 tr/min pour exploiter pleinement le potentiel de l'alésoir.

1 0 . Tableau récapitulatif de la classification

Type d'alésoir	Nombre de lames	Diamètre (mm)	Angle de coupe (°)	Angle de dépouille (°)	Grades applicables	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
Alésoir à lame droite	4-8	5-50	0-3	5-8	YG6	TiN (2-5 μm)	50-80	0,1-0,5	<0,002	Trou universel, acier
Alésoir à lame	6-10	10-40	2-5	6-10	YT10	TiAlN (5-15 μm)	40-100	0,2-0,8	<0,002	Trous profonds, matériaux visqueux

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Type d'alésoir	Nombre de lames	Diamètre (mm)	Angle de coupe (°)	Angle de dépouille (°)	Grades applicables	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
hélicoidale										
Alésoir réglable	-	20-100	0-5	5-10	YW1	TiN + Al ₂ O ₃	30-80	0,1-0,5	<0,002	Trous complexes, processus multiples

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d' alésours en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél. : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



appendice

Qu'est-ce qu'un alésoir à bord droit en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

L'alésoir à lame droite en carbure est un outil de coupe haute performance conçu pour l'usinage de trous de haute précision et l'optimisation de l'état de surface. Il est largement utilisé dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production de dispositifs médicaux et la fabrication d'instruments de précision. Sa principale caractéristique est sa lame droite (sans angle d'hélice) à arêtes multiples. Associée aux excellentes performances du carbure cémenté, elle permet la finition des trous pré-perçés, la correction dimensionnelle et l'amélioration du lissé de surface. L'alésoir à lame droite en carbure cémenté présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Il est adapté à l'alésage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. Sa conception à arête droite réduit les fluctuations de la force de coupe (taux de dispersion de la force < 15 %) et l'enchevêtrement des copeaux grâce à une arête de coupe droite. Largement adapté aux machines-outils à commande numérique (CNC), aux perceuses, aux centres d'usinage ou aux équipements d'alésage spéciaux, il permet de réaliser efficacement l'alésage fin de trous, la finition dimensionnelle et la correction de circularité. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT5-IT6 et la rugosité de surface R_a peut atteindre 0,05-0,4 micron. Comparés aux alésoirs à arête hélicoïdale, les alésoirs à arête droite en carbure offrent une meilleure stabilité de précision et une meilleure régularité de coupe (erreur de circularité < 0,003 mm) pour l'usinage de trous à parois droites ou de faible profondeur ($L/D < 5:1$), ce qui les rend particulièrement adaptés aux applications exigeant une qualité de surface et une tolérance dimensionnelle extrêmement élevées. Offrant une grande flexibilité de conception, il permet de personnaliser le nombre de lames, la géométrie de la lame et le type de queue en fonction du diamètre du trou, de sa profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, cet outil peut être intégré à des logiciels de FAO et à des systèmes de surveillance en ligne pour optimiser les paramètres de coupe grâce à un retour d'informations en temps réel.

1.2 Contexte de développement

Avec l'essor de l'Industrie 4.0 et des technologies de fabrication intelligente, la demande d'outils d'usinage de haute précision a considérablement augmenté. Grâce à leurs excellentes performances d'usinage et à leur adaptabilité, les alésoirs droits en carbure ont progressivement remplacé les alésoirs traditionnels en acier rapide dans la fabrication haut de gamme, notamment dans les secteurs de l'aérospatiale et des dispositifs médicaux. En 2025, l'utilisation et la promotion de nouveaux alliages (tels que les alliages à haute entropie) imposeront des exigences plus strictes en matière de résistance à la chaleur et à l'usure des alésoirs droits, ce qui favorisera l'innovation dans les matériaux d'outillage et les technologies de revêtement.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

Les alésoirs à lame droite en carbure visent à obtenir un alésage de haute précision, une excellente qualité de surface et une résistance aux vibrations. Ils adoptent généralement une structure à queue droite ou conique, avec une disposition de lame droite à plusieurs arêtes, combinée à une capacité de coupe axiale pour s'adapter à l'usinage de trous de précision. La gamme de diamètres s'étend de 3 mm à 50 mm. Les micro-alésoirs à lame droite ($D < 6$ mm) sont utilisés pour l'alésage de précision de micro-trous, les alésoirs moyens ($D = 6-20$ mm) pour l'usinage de trous généraux, et les alésoirs grands ($D > 20$ mm) pour l'alésage lourd. La classe de tolérance est h7 (0/-0,01 mm). Les types de queue sont disponibles : queue droite (DIN 6535 HA/HB) ou queue conique (BT40, CAT50). Le diamètre de la queue correspond au diamètre de coupe, la tolérance est h6 (0/-0,006 mm) et la longueur de la queue (50-300 mm) est personnalisable en fonction de la profondeur d'usinage et des exigences de serrage de la machine-outil. La queue conique améliore la transmission de couple élevé (plage de couple de 20 à 150 Nm). La longueur totale, comprise entre 100 et 500 mm, convient aux petites CNC (100-200 mm) ou aux centres d'usinage lourds (300-500 mm). Le modèle extra-long (600 mm) est utilisé pour l'alésage de trous profonds (profondeur jusqu'à 10D). La longueur de coupe effective est comprise entre 20 et 400 mm. L'alésage superficiel (20-80 mm) est adapté à la finition de surface, tandis que l'alésage profond (200-400 mm) est adapté aux trous profonds ou à l'alésage multi-étages. Le rapport longueur de coupe/diamètre est généralement compris entre 3:1 et 10:1. Le nombre d'arêtes de coupe est de 2 à 8, selon le diamètre et la précision d'usinage. Les petits diamètres ($D < 10$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 10$ mm) comportent 4 à 8 arêtes. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide. L'erreur d'espacement entre les arêtes est inférieure à 0,01 mm. L'angle de la lame est droit (angle d'hélice 0°), l'angle de pointe est généralement de 90° à 120° (personnalisable), et la longueur de la section de guidage de la lame représente 10 à 20 % de la longueur totale pour garantir des parois de trou lisses. La lame droite adopte une conception de coupe droite multi-arêtes et est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir des arêtes de coupe lisses ($R_a \leq 0,02$ micron) et une précision géométrique. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (balourd < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 12 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors de l'alésage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,3-1,5 mm, pression 5-15 bars) ou de rainures à copeaux externes (largeur 0,5-1 mm), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 500^\circ\text{C}$), ce qui convient à l'alésage de trous profonds ou à l'usinage de matériaux collants. Certains modèles sont équipés d'une tête de coupe remplaçable, la tête de coupe et la barre de coupe étant reliées par des filetages de haute précision (tolérance 6H/6g), ce qui facilite le remplacement et le réaffûtage rapides de la lame.

2.2 Matériaux

Français Le matériau est principalement un matériau composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), et la structure fine des particules assure la résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

courantes incluent YG6X (teneur en cobalt 6%, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, durée de vie de coupe pouvant atteindre 80-120 heures), YT15 (contenant du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie pouvant atteindre 90-130 heures), K20 (teneur en cobalt 8%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie pouvant atteindre 100-150 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (400-700 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) pour optimiser la résistance à la chaleur et la microstructure.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

Français La poudre de carbure de tungstène (WC) et la poudre de cobalt (Co) de haute pureté sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la teneur en cobalt est ajustée selon la nuance (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) sont ajoutés pour améliorer les performances, et la granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 microns. Un broyeur planétaire à boulets (vitesse 50-100 tr/min, durée 24-48 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation < 1 %). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la composition chimique est analysée par un spectromètre de fluorescence X (XRF), avec un écart contrôlé à $\pm 0,05$ %.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche de lame, dont la densité est de 14,5 à 15,2 g/cm³ . Un pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisé pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier haute résistance (dureté HRC 50-55) avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'électroérosion sont utilisées pour garantir la précision de formage de la lame droite. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,5$ %).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-2} Pa) ou sous atmosphère d'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50°C par heure, 300°C à 600°C en préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers (HV 1800-2200) est testée.

3.4 Post-traitement

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN, avec une précision de faux-rond $< 0,01$ mm et une rugosité de surface $Ra \leq 0,2$ micron. Des rectifieuses CNC cinq axes ultra-précises sont utilisées pour usiner des lames droites (précision $\pm 0,002$ mm), avec une erreur de profil d'arête $< 0,005$ mm et une surface $Ra \leq 0,02$ micron. Des abrasifs diamantés de granulométrie W0,5-W1,0 sont utilisés pour le polissage miroir, avec une arête $Ra \leq 0,01$ micron, et un polissage électrolytique (densité de courant $0,1 \text{ A/cm}^2$) est utilisé pour éliminer les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée ($0,1$ - $0,2$ mm, angle 5° - 10°) pour améliorer la résistance à l'affaissement de l'arête, et la géométrie de la lame est calibrée par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

par procédé PVD (pression 10^{-3} Pa, température 400 - 500 °C, vitesse de dépôt $0,1$ - $0,2 \text{ } \mu\text{m/h}$). Les types de revêtement incluent TiAlN (épaisseur 3 - 8 microns, dureté 2800 - 3200 HV), AlCrN (épaisseur 3 - 7 microns, dureté 3000 - 3400 HV) ou DLC (épaisseur 1 - 3 microns, dureté 3000 - 3500 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), réduisant le coefficient de frottement ($< 0,3$) et augmentant la durée de vie de 30% à 50% . Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, et le nanoindenteur teste la dureté et l'adhérence ($> 70 \text{ N}$), avec un écart d'épaisseur $< 0,5$ micron.

3.6 Test de l'emballage

Des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) sont utilisées pour vérifier le diamètre et la précision des lames ($< 0,01$ mm), et des machines d'équilibrage dynamique pour corriger le déséquilibre ($< 5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$). Un revêtement antirouille ou un emballage sous vide sont utilisés pour prévenir l'oxydation. La gravure laser du diamètre, de la longueur, du nombre de lames, de la marque et du numéro de lot assure la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 1800 - 2200 , revêtu HV 3400 . Résistance à la chaleur : 600°C - 1000°C .

Vitesse de coupe (V_c) : 30 - 120 m/min pour l'acier, 20 - 80 m/min pour l'alliage de titane, 80 - 200 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (f_z) : $0,01$ - $0,10 \text{ mm/tr}$. Profondeur de coupe (a_p) : $0,01$ - 2 mm (alésage fin).

Tolérance : diamètre $\pm 0,005 \text{ mm}$, précision du trou $< 0,003 \text{ mm}$. Rugosité de surface : Ra $0,05$ - $0,4$ microns.

5. Scénarios d'application

5.1 Fabrication de moules

Alésage de précision des trous de guidage des moules, des trous de positionnement et des trous de refroidissement. Les diamètres courants sont de 6 à 20 mm et les profondeurs de 20 à 80 mm . Une usine de moulage utilise un alésoir à lame droite de 10 mm de diamètre pour aléser avec précision les trous de guidage des moules d'emboutissage. La vitesse de coupe est de 80 m/min , l'avance de $0,03 \text{ mm/tr}$, la tolérance de diamètre de trou après usinage est de $\pm 0,002 \text{ mm}$, le Ra est de $0,1$ micron, la durée de vie de l'outil est de 100 heures, la production annuelle de $1\,500$ jeux de moules est assurée et le rendement est amélioré de 30% . Une finition et une coaxialité élevées sont requises, et le système de refroidissement interne (10 bars) permet l'usinage de trous profonds.

5.2 Industrie automobile

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Alésage de précision des alésages de cylindres de moteurs, de bielles et d'arbres de boîtes de vitesses, avec des diamètres courants de 15 à 40 mm et des profondeurs de 30 à 120 mm. Une entreprise de pièces automobiles utilise un alésoir à arête droite de 20 mm de diamètre pour aléser avec précision les alésages de cylindres, avec une vitesse de coupe de 70 m/min et une avance de 0,02 mm/tr. La circularité des trous usinés est inférieure à 0,002 mm, le Ra est de 0,05 micron et la durée de vie de l'outil est de 120 heures. La production annuelle est de 800 000 cylindres, ce qui réduit le temps de traitement de 20 %. Le système de transmission des véhicules électriques a des exigences plus élevées en matière de circularité et de finition des trous, et la haute précision de l'alésoir à arête droite est devenue un avantage.

5.3 Aérospatiale

Alésage de précision des trous de connexion du fuselage et des trous des jambes de train d'atterrissage en alliage de titane ou en acier haute résistance, diamètre courant de 10 à 30 mm et profondeur de 50 à 150 mm. Une compagnie aérienne utilise un alésoir à lame droite de 15 mm de diamètre pour usiner les trous de connexion en alliage de titane. Vitesse de coupe : 50 m/min, avance : 0,02 mm/tr. Après usinage, la tolérance du diamètre du trou est de $\pm 0,001$ mm, Ra : 0,05 micron, durée de vie de l'outil : 130 heures, conformément à la norme AS9100. Une résistance à la chaleur et une précision extrême sont requises, et la pression de refroidissement interne doit être supérieure à 15 bars.

5.4 Dispositifs médicaux

Alésage de précision des trous internes d'implants orthopédiques ou de positionnement d'instruments chirurgicaux. Les diamètres courants sont de 4 à 12 mm et les profondeurs de 10 à 50 mm. Une entreprise médicale utilise un alésoir à lame droite de 6 mm de diamètre pour usiner les trous internes d'articulations de la hanche en alliage de titane. La vitesse de coupe est de 40 m/min, l'avance de 0,01 mm/tr, la tolérance de diamètre de trou après usinage est de $\pm 0,001$ mm, le Ra est de 0,03 micron et la durée de vie de l'outil est de 90 heures, ce qui est conforme aux normes de biocompatibilité de la FDA. Une précision et une qualité de surface extrêmement élevées sont requises, et un revêtement TiAlN est souvent utilisé pour réduire la contamination métallique.

5.5 Instruments de précision

Alésage de précision des trous d'arbre d'instruments optiques, des trous de logement de palier de précision et des trous de montage de capteurs, avec des diamètres courants de 5 à 15 mm et des profondeurs de 20 à 80 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un alésoir à bord droit de 8 mm de diamètre pour usiner les trous d'arbre de lentilles optiques, avec une vitesse de coupe de 60 m/min, une avance de 0,02 mm/tr, une tolérance de diamètre de trou de $\pm 0,001$ mm après usinage, un Ra de 0,04 micron, une durée de vie de l'outil de 110 heures et une production annuelle de 600 000 instruments, conformément à la norme ISO 2768. Les semi-conducteurs et les équipements optiques ayant accru leurs exigences en matière de précision des micro-trous, la grande stabilité et la régularité de l'alésoir à bord droit sont devenues essentielles.

5.6 Fabrication d'équipements énergétiques

Alésage de précision des trous d'arbre de turbine et des trous intérieurs du corps de pompe. Les diamètres courants sont de 20 à 50 mm et les profondeurs de 100 à 300 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un alésoir à bord droit de 30 mm de diamètre pour usiner les trous du corps de pompe hydraulique, avec une vitesse de coupe de 70 m/min et une avance de 0,03

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm/tr. L'erreur de diamètre du trou après usinage est inférieure à 0,002 mm, Ra de 0,06 micron et la durée de vie de l'outil est de 140 heures. La production annuelle est de 2 000 corps de pompe, avec une augmentation de 25 % du rendement. Une précision et une durabilité élevées sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite une pression élevée (15 bar).

6. Précautions d'emploi

6.1 Exigences relatives aux machines-outils

CNC trois ou cinq axes, faux-rond < 0,003 mm, puissance de broche ≥ 3 kW, il est recommandé d'utiliser une broche à haute rigidité (rigidité du guidage > 3000 N/μm).

6.2 Refroidissement et lubrification

Fluide de coupe haute pression (10 bar, 15-20 L/min) ou système de refroidissement interne (pression 5-15 bar), les matériaux visqueux (comme l'acier inoxydable) nécessitent un refroidissement renforcé (débit augmenté à 25 L/min).

6.3 Paramètres de coupe

Vc 70 m/min, fz 0,02-0,05 mm/tr, profondeur de coupe segmentée (3D par segment), vitesse d'avance divisée par deux lors de l'alésage fin pour optimiser la qualité de surface.

6.4 Installation et étalonnage

Coaxialité < 0,001 mm, force de serrage 20-40 Nm (tige droite) ou 40-60 Nm (tige conique), nettoyer les copeaux résiduels dans le mandrin avant l'installation.

6.5 Usure et entretien

Remplacez-le lorsque l'usure de la lame atteint 0,2 mm, que le diamètre du trou est hors tolérance (> 0,005 mm) ou que la surface présente des rayures. Il est recommandé de le vérifier toutes les 15 heures et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser le cycle d'utilisation.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en broches en carbure cémenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
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:

Qu'est-ce qu'un alésoir à bord hélicoïdal en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

L'alésoir à lame hélicoïdale en carbure est un outil de coupe haute performance conçu pour l'usinage de trous de haute précision et l'évacuation efficace des copeaux. Il est largement utilisé dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production d'équipements énergétiques et la fabrication d'instruments de précision. Sa principale caractéristique réside dans la conception multi-arêtes de la lame hélicoïdale (avec angle d'hélice), combinée aux excellentes performances des matériaux en carbure cimenté. Il permet la finition des trous pré-perçés, la correction dimensionnelle et l'optimisation de l'état de surface, tout en offrant une excellente évacuation des copeaux. L'alésoir à lame hélicoïdale en carbure cimenté présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Il est adapté à l'alésage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. La conception de la lame hélicoïdale améliore l'efficacité d'enlèvement des copeaux (augmentation de 30 à 40 %) et la réduction des vibrations (réduction de 20 à 30 %) grâce à l'inclinaison du tranchant et à l'angle d'hélice (généralement de 10 à 40°). Elle est largement adaptée aux machines-outils à commande numérique (CNC), aux perceuses, aux centres d'usinage ou aux équipements d'alésage spéciaux, et permet de réaliser efficacement l'alésage fin, l'usinage de trous profonds et la correction de la circularité des trous. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT5-IT7, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,05 à 0,5 micron.

Les alésoirs à lames hélicoïdales en carbure offrent une efficacité et une stabilité accrues (consistance de la finition des parois du trou augmentée de 15 %) pour l'usinage de trous profonds ($L/D > 5:1$) ou de matériaux visqueux. Ils sont particulièrement adaptés aux applications exigeant une coupe continue et une longue durée de vie. Leur conception est très flexible et l'angle d'hélice, le nombre de lames et le type de queue peuvent être personnalisés en fonction du diamètre du trou, de la profondeur et du matériau de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré aux logiciels de FAO et aux systèmes de capteurs pour optimiser les paramètres de coupe grâce à un retour d'informations en temps réel.

1.2 Contexte de développement

Face à la demande croissante d'usinage de trous profonds et de matériaux complexes dans l'industrie manufacturière moderne, les alésoirs à lame hélicoïdale en carbure se sont progressivement imposés dans l'industrie grâce à leur efficacité d'enlèvement de copeaux et leur résistance aux vibrations, notamment dans les secteurs de l'aérospatiale et de l'énergie. En 2025, avec la généralisation des alliages hautes performances (tels que les alliages à base de titane) et des matériaux composites, les alésoirs à lame hélicoïdale devront répondre à des exigences plus strictes en matière de résistance à la chaleur, d'efficacité de coupe et de qualité de surface, favorisant ainsi l'innovation continue en matière de conception géométrique des outils et de technologie de revêtement.

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

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

Les alésoirs à lame hélicoïdale en carbure offrent un alésage efficace, une excellente évacuation des copeaux et une excellente résistance aux vibrations. Ils sont généralement à queue droite ou conique, avec une disposition multi-arêtes de la lame hélicoïdale, combinant des capacités de coupe axiale et radiale pour s'adapter à l'usinage de trous profonds et complexes. Leur diamètre varie de 5 à 80 mm. Les micro-alésoirs à lame hélicoïdale ($D < 10$ mm) sont utilisés pour l'alésage de précision de micro-trous, les alésoirs moyens ($D = 10-30$ mm) pour l'usinage de trous courants, et les alésoirs grands ($D > 30$ mm) pour l'alésage de trous lourds ou profonds. La tolérance est h7 (0/-0,01 mm). Les types de queue sont disponibles : queue droite (DIN 6535 HA/HB) ou queue conique (BT40, CAT50, HSK-A63). Le diamètre de la tige correspond au diamètre de coupe, la tolérance est h6 (0/-0,006 mm) et la longueur de la tige (100-400 mm) est personnalisable en fonction de la profondeur d'usinage et des exigences de serrage de la machine-outil. La tige conique permet une transmission de couple élevée (plage de couple de 30 à 200 Nm). La longueur totale, comprise entre 150 et 800 mm, convient aux centres d'usinage CNC de taille moyenne (150-300 mm) ou aux centres d'usinage à usage intensif (400-800 mm). Le modèle extra-long (1000 mm) est utilisé pour l'alésage de trous très profonds (profondeur jusqu'à 20D). La longueur de coupe effective est comprise entre 30 et 600 mm. L'alésage superficiel (30-100 mm) est adapté à la finition de surface, tandis que l'alésage profond (300-600 mm) est adapté aux trous profonds ou à l'alésage multi-étages. Le rapport longueur de coupe/diamètre est généralement compris entre 5:1 et 20:1. Le nombre d'arêtes de coupe est compris entre 2 et 10, selon le diamètre et les exigences d'usinage. Les petits diamètres ($D < 15$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm) comportent 4 à 10 arêtes. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide. L'erreur d'espacement entre les arêtes est inférieure à 0,01 mm. L'angle d'hélice est compris entre 10° et 40° , la valeur standard étant de 15° à 30° . Cette conception optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations. Un angle de 25° à 30° est couramment utilisé pour l'usinage fin afin d'améliorer la qualité de surface, tandis qu'un angle de 30° à 40° peut être sélectionné pour l'usinage de trous profonds afin d'améliorer l'évacuation des copeaux. La longueur du guide-lame représente 10 à 20 % de la longueur totale afin de garantir des parois de trou lisses. La lame hélicoïdale est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir des bords lisses ($R_a \leq 0,02$ micron) et une précision géométrique. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (balourd < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de l'alésage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-2 mm, pression 5-20 bars) ou de rainures à copeaux externes (largeur 1-2 mm), qui améliorent considérablement l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 35 à 40 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 600^\circ\text{C}$), adaptés à l'alésage de trous profonds ou à l'usinage de matériaux collants. Certains modèles introduisent une conception de tête d'outil modulaire, la tête d'outil et la tige d'outil sont connectées par des filetages de haute précision ou une baïonnette (tolérance 6H/6g), prennent en charge le remplacement rapide et le réaffûtage de la lame,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et la longueur modulaire peut atteindre 800 mm.

2.2 Matériaux

Français Le matériau est principalement un matériau composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), et la structure des particules fines assure la résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes incluent YG6X (teneur en cobalt 6%, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, durée de vie de coupe pouvant atteindre 90-130 heures), YT15 (contenant du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie pouvant atteindre 100-140 heures), K30 (teneur en cobalt 8%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie pouvant atteindre 110-160 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (500-800 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) afin d'optimiser la résistance à la chaleur, la résistance à l'oxydation et l'uniformité microstructurale.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

Français La poudre de carbure de tungstène (WC) et la poudre de cobalt (Co) de haute pureté sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la teneur en cobalt est ajustée selon la nuance (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) sont ajoutés pour améliorer les performances, et la granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 microns. Un broyeur planétaire à boulets (vitesse 50-100 tr/min, durée 24-48 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation < 1 %). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la composition chimique est analysée par un spectromètre de fluorescence X (XRF), avec un écart contrôlé à $\pm 0,05$ %.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche de lame, d'une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³ . La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier haute résistance (dureté HRC 50-55) avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'électroérosion sont utilisées pour garantir la précision de formage de la lame hélicoïdale. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,5$ %).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-2} Pa) ou sous atmosphère d'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50°C par heure, 300°C à 600°C en préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers (HV 1800-2200) est testée.

3.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN avec une précision de faux-rond < 0,01 mm et une rugosité de surface $Ra \leq 0,2$ micron. La lame hélicoïdale est usinée sur une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm), avec une erreur de profil d'arête < 0,005 mm et une surface $Ra \leq 0,02$ micron. Le polissage miroir avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,5-W1,0, avec une arête $Ra \leq 0,01$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant 0,1 A/cm²) éliminent les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) pour améliorer sa résistance à l'affaissement de l'arête, et la géométrie de la lame est calibrée par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

par procédé PVD (pression 10^{-3} Pa, température 400-500 °C, vitesse de dépôt 0,1-0,2 µm /h). Les types de revêtement incluent TiAlN (épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement < 0,1), réduisant le coefficient de frottement (< 0,3) et augmentant la durée de vie de 30 % à 50 %. Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, et le nanoindenteur teste la dureté et l'adhérence (> 70 N), avec un écart d'épaisseur < 0,5 micron.

3.6 Tests et emballage

Des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) sont utilisées pour vérifier le diamètre et la précision des lames (< 0,01 mm), et des machines d'équilibrage dynamique pour corriger le déséquilibre (< 5 g·mm /kg). Un revêtement antirouille ou un emballage sous vide sont utilisés pour prévenir l'oxydation. La gravure laser du diamètre, de la longueur, du nombre de lames, de la marque et du numéro de lot assure la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 1800-2200, revêtu HV 3400. Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (Vc) : acier 40-150 m/min, alliage de titane 25-100 m/min, alliage d'aluminium 100-250 m/min.

Vitesse d'avance (fz) : 0,01-0,15 mm/tr. Profondeur de coupe (ap) : 0,01-3 mm (alésage fin).

Tolérance : diamètre $\pm 0,005$ mm, précision du trou < 0,003 mm.

Rugosité de surface : Ra 0,05-0,5 microns.

5. Scénarios d'application

5.1 Fabrication de moules

Alésage de précision des trous de guidage, des trous de refroidissement et des trous intérieurs des moules. Les diamètres courants sont de 10 à 30 mm et les profondeurs de 50 à 150 mm. Une usine de moulage utilise un alésoir à lame hélicoïdale de 20 mm de diamètre pour l'alésage de précision des trous de refroidissement des moules d'emboutissage. La vitesse de coupe est de 100 m/min, l'avance de 0,05 mm/tr, la tolérance de diamètre de trou après usinage de $\pm 0,002$ mm, un Ra de 0,1 micron, une durée de vie de l'outil de 110 heures, une production annuelle de 1 200 jeux de moules

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et une amélioration de l'efficacité de 35 %. Des capacités efficaces d'élimination des copeaux et d'usinage de trous profonds sont requises, ainsi qu'un système de refroidissement interne (15 bars).

5.2 Industrie automobile

Alésage de précision des alésages de cylindres de moteurs, de vilebrequins et de carters de boîtes de vitesses, avec des diamètres courants de 20 à 50 mm et des profondeurs de 80 à 200 mm. Une entreprise de pièces automobiles utilise un alésoir à lame hélicoïdale de 30 mm de diamètre pour aléser avec précision les alésages de cylindres. La vitesse de coupe est de 90 m/min, l'avance de 0,04 mm/tr, la circularité du trou est inférieure à 0,003 mm après usinage, Ra 0,05 micron, la durée de vie de l'outil est de 130 heures et la production annuelle de 700 000 cylindres est réduite de 25 %. Face à la demande croissante d'usinage de trous profonds dans les carters de moteurs de véhicules électriques, le rendement élevé des alésoirs à lame hélicoïdale est devenu un atout majeur.

5.3 Aéronautique

Alésage de précision des trous de connexion du fuselage et des trous des jambes de train d'atterrissage en alliage de titane ou en acier haute résistance, diamètre courant de 15 à 40 mm et profondeur de 100 à 300 mm. Une compagnie aérienne utilise un alésoir à lame hélicoïdale de 25 mm de diamètre pour usiner les trous de connexion en alliage de titane. Vitesse de coupe : 60 m/min, avance : 0,03 mm/tr. Après usinage, la tolérance du diamètre du trou est de $\pm 0,002$ mm, Ra : 0,05 micron, durée de vie de l'outil : 140 heures, conformément à la norme AS9100. Une résistance à la chaleur et des capacités d'usinage de trous profonds sont requises, et la pression de refroidissement interne doit atteindre 20 bars.

5.4 Fabrication d'équipements énergétiques

Alésage de précision des trous d'arbre de turbine, des grands trous de corps de pompe et des trous de corps de vanne, avec des diamètres courants de 30 à 70 mm et des profondeurs de 200 à 500 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un alésoir à lame hélicoïdale de 40 mm de diamètre pour usiner les trous de corps de pompe hydraulique, avec une vitesse de coupe de 80 m/min et une avance de 0,06 mm/tr. L'erreur de diamètre du trou après usinage est inférieure à 0,003 mm, Ra de 0,1 micron, et la durée de vie de l'outil est de 150 heures. La production annuelle est de 2 500 corps de pompe, avec un rendement accru de 30 %. Les équipements éoliens et nucléaires ayant des exigences plus élevées en matière de précision des trous profonds, la conception de l'alésoir à lame hélicoïdale pour l'enlèvement des copeaux est particulièrement importante.

5.5 Instruments de précision

Alésage de précision des trous d'arbres d'instruments optiques et des trous de montage de capteurs. Les diamètres courants sont de 5 à 20 mm et les profondeurs de 30 à 100 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un alésoir à lame hélicoïdale de 10 mm de diamètre pour usiner les trous d'arbres de lentilles optiques. La vitesse de coupe est de 70 m/min, l'avance de 0,02 mm/tr, la tolérance de diamètre de trou usiné est de $\pm 0,001$ mm, le Ra est de 0,04 micron, la durée de vie de l'outil est de 120 heures et la production annuelle est de 500 000 instruments, conformément à la norme ISO 2768. Face à la demande croissante d'usinage profond de micro-trous, la grande stabilité de l'alésoir à lame hélicoïdale est devenue essentielle.

5.6 Construction navale

Alésage de précision des alésages de cylindres de moteurs marins et des trous d'arbres d'hélice. Les diamètres courants sont de 50 à 100 mm et les profondeurs de 300 à 800 mm. Un chantier naval

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

utilise un alésoir à lame hélicoïdale de 80 mm de diamètre pour usiner les trous d'arbres d'hélice. La vitesse de coupe est de 70 m/min, l'avance de 0,08 mm/tr, la tolérance de diamètre de trou après usinage est de $\pm 0,003$ mm, le Ra est de 0,1 micron, la durée de vie de l'outil est de 160 heures, la production annuelle de 200 hélices est assurée et le rendement est augmenté de 40 %. Une rigidité élevée et des capacités d'usinage de trous profonds sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite une pression élevée (20 bars).

6. Précautions d'emploi

6.1 Exigences relatives aux machines-outils

Perceuse CNC à cinq axes ou à usage intensif, faux-rond $< 0,003$ mm, puissance de broche ≥ 5 kW, il est recommandé d'utiliser une broche à haute rigidité (rigidité du guidage > 4000 N/ μ m).

6.2 Refroidissement et lubrification

Fluide de coupe haute pression (10-20 bar, 20-30 L/min) ou système de refroidissement interne (pression 5-20 bar), les matériaux visqueux (comme l'acier inoxydable) nécessitent un refroidissement renforcé (débit augmenté à 35 L/min).

6.3 Paramètres de coupe

Vc 90 m/min, fz 0,03-0,08 mm/tr, profondeur de coupe segmentée (5D par segment), vitesse d'avance divisée par deux pour l'usinage de trous profonds afin d'optimiser l'évacuation des copeaux.

6.4 Installation et étalonnage

Coaxialité $< 0,001$ mm, force de serrage 30-60 Nm (queue conique) ou 40-80 Nm (modulaire), calibrer la coaxialité de la queue de l'outil et de la broche avant l'installation.

6.5 Usure et entretien

Remplacez-le lorsque l'usure de la lame atteint 0,2 mm, que le diamètre du trou est hors tolérance ($> 0,005$ mm) ou que la surface présente des rayures. Il est recommandé de le vérifier toutes les 20 heures et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser sa durée de vie.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en broches en carbure cimenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
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:

Qu'est-ce qu'un alésoir réglable en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

L'alésoir réglable en carbure est un outil de coupe haute performance conçu pour l'usinage de trous de haute précision et un ajustement flexible de la taille. Il est largement utilisé dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production de dispositifs médicaux, la fabrication d'instruments de précision et d'autres domaines. Sa principale caractéristique réside dans la conception combinée d'une tête de coupe réglable et d'un tranchant en carbure. Grâce à son mécanisme de réglage précis, il permet d'ajuster précisément le diamètre de coupe pour répondre aux différentes exigences de diamètre de trou et garantir un usinage de haute précision. L'alésoir réglable en carbure est fabriqué à base de carbure et présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Il convient à l'alésage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. Sa conception réglable permet un réglage du diamètre (plage de réglage de 0,01 à 5 mm, précision de $\pm 0,002$ mm) par filetage, excentricité ou mécanismes hydrauliques. Largement applicable aux machines-outils CNC, perceuses, centres d'usinage ou équipements d'alésage spéciaux, il permet d'aléser efficacement des trous de précision, de corriger leur taille et d'optimiser leur état de surface. La précision d'usinage peut atteindre les niveaux IT4-IT6, et la rugosité de surface peut atteindre Ra 0,05 à 0,4 micron. L'alésoir réglable en carbure offre une flexibilité accrue (adaptabilité accrue de 50 à 70 %) et une économie (fréquence de remplacement d'outil réduite) pour la production en petites séries, l'usinage de trous multi-spécifications ou le réglage fin de l'ouverture. Il est particulièrement adapté à l'usinage de pièces complexes nécessitant une précision élevée et un réglage dynamique. Sa conception très flexible permet de personnaliser la géométrie de la lame, le mécanisme de réglage et le type de queue en fonction de l'ouverture, de la profondeur et du matériau de la pièce. Avec l'avancement de la technologie de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré aux logiciels de FAO et aux systèmes de capteurs pour optimiser les paramètres de coupe grâce à un retour de données en temps réel.

1.2 Contexte de développement

Face à la demande croissante de production sur mesure et d'usinage en petites séries, les alésoirs réglables en carbure sont de plus en plus prisés dans le secteur de la fabrication de précision grâce à leur flexibilité et à leur haute précision. En 2025, les industries manufacturières haut de gamme (comme l'aéronautique et les dispositifs médicaux) ayant des exigences plus strictes en matière de tolérances d'usinage et de qualité de surface, la technologie de réglage fin et la durabilité des alésoirs réglables sont devenues des priorités du développement industriel, favorisant l'optimisation continue de la conception des outils et de la technologie des matériaux.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

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 conception structurelle des alésoirs réglables en carbure vise à obtenir un alésage de haute précision, une grande adaptabilité et une excellente qualité de surface. Ils sont généralement à queue droite ou conique, avec une lame à un ou plusieurs tranchants, et équipés d'un mécanisme de réglage de précision pour répondre aux différentes exigences de diamètre de trou. La plage de diamètres s'étend de 3 mm à 60 mm. Les alésoirs micro-réglables ($D < 10$ mm) sont utilisés pour l'alésage de précision des micro-trous, les alésoirs moyens ($D = 10-30$ mm) pour l'usinage de trous courants, et les alésoirs grands ($D > 30$ mm) pour l'alésage de gros diamètres. La plage de réglage est de 0,01 à 5 mm et la précision est de $\pm 0,002$ mm. Les types de queue sont disponibles : queue droite (DIN 6535 HA/HB) ou queue conique (BT40, CAT50). Le diamètre de la queue correspond au diamètre de coupe maximal, la tolérance est h6 (0/-0,006 mm) et la longueur de la queue (100-350 mm) est personnalisable en fonction de la profondeur d'usinage et des exigences de serrage de la machine-outil. La queue conique permet une transmission de couple élevée (plage de couple de 20 à 150 Nm). La longueur totale, comprise entre 150 et 600 mm, convient aux centres d'usinage CNC de taille moyenne (150-300 mm) ou aux centres d'usinage à usage intensif (400-600 mm). Le modèle extra-long (800 mm) est utilisé pour l'alésage de trous profonds (profondeur jusqu'à 15D). La longueur de coupe effective est comprise entre 20 et 500 mm. L'alésage superficiel (20-80 mm) est adapté à la finition de surface, tandis que l'alésage profond (300-500 mm) est adapté aux trous profonds ou à l'alésage multi-étapes. Le rapport longueur de coupe/diamètre est généralement compris entre 3:1 et 15:1. Le nombre d'arêtes de coupe est compris entre 1 et 6, selon le diamètre et les exigences de traitement. Les petits diamètres ($D < 15$ mm) comportent 1 à 3 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm) comportent 3 à 6 arêtes. L'augmentation du nombre d'arêtes peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support machine-outil très rigide. L'erreur d'espacement entre les arêtes est inférieure à 0,01 mm. La conception de la lame peut être droite ou micro-hélicoïdale ($5^{\circ}-15^{\circ}$), et la longueur de la section de guidage représente 10 à 20 % de la longueur totale pour garantir des parois de trou lisses. Le mécanisme de réglage comprend un filetage de précision (pas de 0,5 à 1 mm), un réglage excentrique (excentricité de 0,01 à 3 mm) ou un réglage fin hydraulique (pression de 0,1 à 1 bar). L'usinage est réalisé par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir des arêtes de coupe lisses ($R_a \leq 0,02$ micron) et une précision géométrique. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm /kg, vitesse d'essai 12 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors de l'alésage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,3-1,5 mm, pression 5-15 bar) ou de rainures à copeaux externes (largeur 0,5-1,5 mm) pour améliorer l'évacuation des copeaux (efficacité accrue de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 500^{\circ}\text{C}$), ce qui est idéal pour l'alésage de trous profonds ou l'usinage de matériaux collants. Certains modèles intègrent une tête d'outil modulaire, la tête et la barre d'outil étant reliées par des filetages de haute précision (tolérance 6H/6g), ce qui permet un remplacement et un réaffûtage rapides de la lame.

2.2 Matériaux

Français Le matériau est principalement un matériau composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), et la structure fine des particules assure la résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes incluent YG6X (teneur en cobalt 6%, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté à l'acier trempé et à la fonte, excellente résistance à l'usure, durée de vie de coupe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pouvant atteindre 80-120 heures), YT15 (contenant du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie pouvant atteindre 90-130 heures), K25 (teneur en cobalt 7%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie pouvant atteindre 100-150 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (400-700 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) pour optimiser la résistance à la chaleur et la microstructure.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

Français La poudre de carbure de tungstène (WC) et la poudre de cobalt (Co) de haute pureté sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1\%$), la teneur en cobalt est ajustée selon la nuance (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) sont ajoutés pour améliorer les performances, et la granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 microns. Un broyeur planétaire à boulets (vitesse 50-100 tr/min, durée 24-48 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation $< 1\%$). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la composition chimique est analysée par un spectromètre de fluorescence X (XRF), avec un écart contrôlé à $\pm 0,05\%$.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche de lame, d'une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³ . La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier haute résistance (dureté HRC 50-55) avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'usinage par électro-étagage garantissent la précision de formage de la lame et du mécanisme de réglage. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,5\%$).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10⁻² Pa) ou sous atmosphère d'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50°C par heure, 300°C à 600°C en préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers (HV 1800-2200) est testée.

3.4 Post-traitement

Tournage extérieur avec outils CBN, précision de faux-rond $< 0,01$ mm, rugosité de surface Ra $\leq 0,2$ micron. Rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise pour l'arête de coupe et le mécanisme de réglage (précision $\pm 0,002$ mm), erreur de profil de l'arête de coupe $< 0,005$ mm, surface Ra $\leq 0,02$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

micron. Polissage miroir avec abrasifs diamantés de granulométrie W0,5-W1,0, arête de coupe $Ra \leq 0,01$ micron, polissage électrolytique (densité de courant $0,1 \text{ A/cm}^2$) pour éliminer les bavures microscopiques. Le chanfreinage de l'arête de coupe ($0,1\text{-}0,2 \text{ mm}$, angle $5^\circ\text{-}10^\circ$) améliore la résistance à l'écaillage, précision du filetage du mécanisme de réglage 6H/6g, géométrie calibrée par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

par procédé PVD (pression 10^{-3} Pa , température $400\text{-}500^\circ\text{C}$, vitesse de dépôt $0,1\text{-}0,2 \mu\text{m/h}$). Les types de revêtement incluent TiAlN (épaisseur $3\text{-}8$ microns, dureté $2800\text{-}3200 \text{ HV}$), AlCrN (épaisseur $3\text{-}7$ microns, dureté $3000\text{-}3400 \text{ HV}$) ou DLC (épaisseur $1\text{-}3$ microns, dureté $3000\text{-}3500 \text{ HV}$, coefficient de frottement $< 0,1$), réduisant le coefficient de frottement ($< 0,3$) et augmentant la durée de vie de 30% à 50% . Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, et le nanoindenteur teste la dureté et l'adhérence ($> 70 \text{ N}$), avec un écart d'épaisseur $< 0,5$ micron.

3.6 Tests finaux et emballage

Les machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) détectent le diamètre, la précision de la lame et la plage de réglage ($< 0,01 \text{ mm}$), tandis que les machines à équilibrer dynamiques corrigent le déséquilibre ($< 5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$). Revêtement antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation. Gravure laser du diamètre, de la longueur, de la marque et du numéro de lot pour garantir la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV $1800\text{-}2200$, revêtu HV 3400 . Résistance à la chaleur : $600^\circ\text{C}\text{-}1000^\circ\text{C}$.

Vitesse de coupe (V_c) : $30\text{-}120 \text{ m/min}$ pour l'acier, $20\text{-}80 \text{ m/min}$ pour l'alliage de titane, $80\text{-}200 \text{ m/min}$ pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (f_z) : $0,01\text{-}0,10 \text{ mm/tr}$. Profondeur de coupe (a_p) : $0,01\text{-}2 \text{ mm}$ (alésage fin).

Tolérance : Précision de réglage du diamètre $\pm 0,002 \text{ mm}$, précision du diamètre du trou $< 0,003 \text{ mm}$. Rugosité de surface : $Ra \text{ } 0,05\text{-}0,4$ microns.

5. Scénarios d'application

5.1 Fabrication de moules

Alésage de précision des trous des manchons de guidage, des trous de positionnement et des trous de refroidissement des moules. Les diamètres courants sont de 8 à 25 mm et les profondeurs de 30 à 100 mm . Une usine de moulage utilise un alésoir réglable de 15 à 20 mm de diamètre pour l'alésage de précision des trous des manchons de guidage des moules d'emboutissage. La vitesse de coupe est de 80 m/min , l'avance de $0,03 \text{ mm/tr}$, la précision de réglage est de $\pm 0,002 \text{ mm}$, la tolérance du diamètre des trous est de $\pm 0,001 \text{ mm}$ après usinage, le Ra est de $0,05$ micron, la durée de vie de l'outil est de 100 heures, la production annuelle de $1\,000$ jeux de moules est de $1\,000$ ensembles et le remplacement des outils est réduit de 60% . Une finition de haute qualité et une adaptabilité à de multiples spécifications sont requises, ainsi qu'un système de refroidissement interne (10 bar).

5.2 Industrie automobile

Alésage de précision des alésages de cylindres de moteurs, de bielles et d'arbres de boîtes de vitesses, avec des diamètres courants de 15 à 40 mm et des profondeurs de 50 à 150 mm . Une entreprise de pièces automobiles utilise un alésoir réglable de 20 à 30 mm de diamètre pour aléser avec précision

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

les alésages de cylindres. Il offre une vitesse de coupe de 70 m/min, une avance de 0,02 mm/tr, une précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, une circularité de trou $< 0,002$ mm après usinage, un Ra de 0,04 micron, une durée de vie de 120 heures, une production annuelle de 600 000 cylindres et une réduction de 20 % du temps d'usinage. Face à la demande croissante d'usinage de trous multi-spécifications dans les systèmes de transmission des véhicules électriques, la flexibilité de l'alésoir réglable devient un atout.

5.3 Aérospatiale

Alésage de précision des trous de connexion du fuselage et des trous des jambes de train d'atterrissage en alliage de titane ou en acier haute résistance, diamètre courant de 10 à 30 mm et profondeur de 80 à 200 mm. Une compagnie aérienne utilise un alésoir réglable de 15 à 25 mm de diamètre pour usiner les trous de connexion en alliage de titane. Vitesse de coupe : 50 m/min, avance : 0,02 mm/tr, précision de réglage : $\pm 0,002$ mm, tolérance du diamètre du trou après usinage : $\pm 0,001$ mm, Ra : 0,03 micron, durée de vie de l'outil : 130 heures, conformément à la norme AS9100. Résistance à la chaleur et haute précision sont requises, et la pression de refroidissement interne doit atteindre 15 bars.

5.4 Dispositifs médicaux

Alésage de précision des trous internes d'implants orthopédiques ou de positionnement d'instruments chirurgicaux. Les diamètres courants sont de 4 à 12 mm et les profondeurs de 10 à 50 mm. Une entreprise médicale utilise un alésoir réglable de 6 à 10 mm de diamètre pour usiner les trous internes d'articulations de la hanche en alliage de titane. La vitesse de coupe est de 40 m/min, l'avance de 0,01 mm/tr, la précision de réglage est de $\pm 0,002$ mm, la tolérance du diamètre de trou est de $\pm 0,001$ mm après usinage, le Ra est de 0,02 micron et la durée de vie de l'outil est de 90 heures, ce qui est conforme aux normes de biocompatibilité de la FDA. Une précision et une qualité de surface extrêmement élevées sont requises, et un revêtement DLC est souvent utilisé pour réduire les frottements.

5.5 Instruments de précision

Alésage de précision des trous d'arbre d'instruments optiques et des trous de montage de capteurs. Les diamètres courants sont de 5 à 15 mm et les profondeurs de 20 à 80 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un alésoir réglable de 8 à 12 mm de diamètre pour usiner les trous d'arbre de lentilles optiques. Il offre une vitesse de coupe de 60 m/min, une avance de 0,02 mm/tr, une précision de réglage de $\pm 0,002$ mm, une tolérance de diamètre de trou de $\pm 0,001$ mm après usinage, un Ra de 0,03 micron, une durée de vie de 110 heures et une production annuelle de 500 000 instruments, conformément à la norme ISO 2768. Face à la demande croissante d'usinage multi-spécifications de micro-trous, la grande adaptabilité de l'alésoir réglable devient essentielle.

5.6 Fabrication d'équipements énergétiques

Alésage de précision des trous d'arbre de turbine et des trous intérieurs du corps de pompe. Les diamètres courants sont de 20 à 50 mm et les profondeurs de 100 à 300 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un alésoir réglable de 30 à 40 mm de diamètre pour usiner les trous du corps de pompe hydraulique. La vitesse de coupe est de 70 m/min, l'avance de 0,03 mm/tr, la précision de réglage est de $\pm 0,002$ mm, l'erreur de diamètre du trou après usinage est inférieure à 0,002 mm, le Ra est de 0,05 micron, la durée de vie de l'outil est de 140 heures, la production annuelle est de 2 000 corps de pompe et le rendement est augmenté de 25 %. Une haute précision

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et des capacités d'usinage de trous profonds sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite une pression élevée (15 bars).

6. Précautions d'emploi

6.1 Exigences relatives aux machines-outils

CNC trois ou cinq axes, faux-rond $< 0,003$ mm, puissance de broche ≥ 3 kW, il est recommandé d'utiliser une broche à haute rigidité (rigidité du guidage > 3000 N/ μ m).

6.2 Refroidissement et lubrification

Fluide de coupe haute pression (10 bar, 15-20 L/min) ou système de refroidissement interne (pression 5-15 bar), les matériaux visqueux (comme l'acier inoxydable) nécessitent un refroidissement renforcé (débit augmenté à 25 L/min).

6.3 Paramètres de coupe

Vc 70 m/min, fz 0,02-0,05 mm/tr, profondeur de coupe segmentée (3D par segment), recalibrage des paramètres de coupe après réglage pour optimiser la qualité de surface.

6.4 Installation et étalonnage

Coaxialité $< 0,001$ mm, force de serrage 20-40 Nm (tige droite) ou 30-60 Nm (tige conique), calibrer l'arbre de l'outil et régler la coaxialité du mécanisme avant l'installation.

6.5 Usure et entretien

Remplacez la lame lorsque l'usure VB atteint 0,2 mm, que le diamètre du trou est hors tolérance ($> 0,005$ mm) ou que la surface présente des rayures. Un entretien est nécessaire lorsque le mécanisme de réglage est usé (jeu $> 0,01$ mm). Il est recommandé de le vérifier toutes les 15 heures et d'enregistrer les données d'usure afin d'optimiser le cycle d'utilisation.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en broches en carbure cimenté, nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
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 broches en carbure ?

Les broches en carbure sont des outils de haute précision utilisés pour une coupe et un formage efficaces en usinage. Grâce à leur excellente dureté et à leur résistance à l'usure, elles offrent un support fiable pour l'usinage de contours complexes en surface ou à l'intérieur des pièces. Ces broches usinent progressivement la pièce selon un mouvement linéaire sur une brocheuse ou un équipement spécial pour réaliser des formes précises telles que des dents, des rainures de clavette, des engrenages ou des trous polygonaux. Elles sont largement utilisées dans les applications de fabrication exigeant une efficacité et une qualité élevées. Les broches en carbure sont à base de carbure de tungstène (WC), additionné de cobalt (Co) comme liant, et frittées par métallurgie des poudres de précision. Les nuances de matériaux les plus courantes sont le YG10 (haute ténacité, adapté à la coupe intermittente), le YT20 (forte résistance à la chaleur, adapté à l'usinage de l'acier) et le YW3 (excellentes performances globales, adapté aux contours complexes). Leurs conceptions sont variées, avec des structures en carbure intégrées et des configurations modulaires avec des dents segmentées ou remplaçables. Le corps de l'outil est généralement fabriqué en acier à haute résistance ou en carbure pour assurer la stabilité lors du brochage à forte charge.

1. Conception et optimisation de la géométrie

La qualité des broches en carbure est essentielle à leur efficacité de coupe. Les concepteurs affinent les paramètres pour répondre aux différentes exigences d'usinage. L'arête de coupe de la broche est généralement étagée, avec un angle de coupe compris entre 0° et 5° . Ce faible angle permet de réduire l'effort de coupe et d'assurer une coupe régulière. L'angle de coupe arrière est généralement compris entre 5° et 10° pour éviter une usure excessive de la broche au contact de la pièce. Le chanfrein de l'arête de coupe (0,1-0,2 mm) améliore la résistance à l'écaillage en répartissant les contraintes, notamment lors du brochage intermittent. Les broches cylindriques conviennent à la finition de trous circulaires, avec un diamètre de 10 à 100 mm et une longueur maximale de 500 mm. Les broches à rainures de clavette sont conçues pour l'usinage de rainures de clavette ou de cannelures, avec une largeur de 5 à 50 mm et une longueur ajustée en fonction de la profondeur de la pièce. Les broches pour engrenages sont utilisées pour le formage des profils d'engrenages. Leur nombre de dents varie de 10 à 50, ce qui les rend adaptées à la production en série. L'optimisation géométrique associe la conception assistée par ordinateur (CAO) et l'analyse par éléments finis pour garantir la stabilité de la broche lors du brochage à faible vitesse et forte charge (jusqu'à 50 m/min). La largeur de la goujure (2 à 4 mm) est ajustée en fonction de la profondeur de coupe pour assurer une évacuation fluide des copeaux.

2. Revêtement et traitement de surface

La technologie de revêtement a conféré aux broches en carbure des avantages de performance supplémentaires, leur permettant de s'adapter à des environnements d'usinage plus complexes. Les revêtements PVD (dépôt physique en phase vapeur) tels que le TiN (jaune doré, 2 à 5 microns d'épaisseur) offrent une bonne protection contre l'usure et sont particulièrement adaptés à l'usinage des métaux non ferreux ; les revêtements CVD (dépôt chimique en phase vapeur) tels que le TiAlN (noir violet, 10 à 20 microns d'épaisseur) sont idéaux pour le brochage de l'acier et de la fonte grâce

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

à leur résistance à la chaleur jusqu'à 1 000 °C. En termes de traitement de surface, le polissage contrôle la rugosité de surface à $R_a < 0,2$ micron pour réduire l'adhérence des copeaux ; la technologie de microtexturation laser creuse des microsillons de lubrification à la surface de la broche pour réduire le coefficient de frottement ; certaines broches haut de gamme utilisent des nanorevêtements (tels que le nano- TiAlN , avec des grains inférieurs à 50 nanomètres), ce qui améliore considérablement les performances en usinage de haute précision. L'adhérence du revêtement est vérifiée par un test de rayure (charge critique > 80 N) pour garantir que le revêtement ne se décollera pas lors du brochage à forte charge.

3. Caractéristiques techniques et performances

La dureté des broches en carbure en fait un outil puissant pour un formage efficace et est reconnue dans l'industrie. La vitesse de coupe varie de 5 à 50 mètres par minute, selon le matériau de la pièce. Par exemple, l'acier atteint généralement 10 à 30 mètres par minute, tandis que la fonte peut atteindre 20 à 50 mètres par minute. La dureté des broches se situe généralement entre 1800 et 2100 HV. La nuance YT20 peut atteindre 2000 à 2100 HV grâce au carbure de titane, ce qui est suffisant pour traiter les pièces très dures. La ténacité à la rupture est de 14 à 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. La nuance YG10 est plus résistante grâce à sa forte teneur en cobalt (10 %), ce qui la rend particulièrement adaptée au brochage intermittent. La résistance à l'usure est inférieure à 0,03 millimètre cube par Newton-mètre, et elle est encore réduite à 0,02 millimètre cube par Newton-mètre après revêtement, ce qui prolonge considérablement la durée de vie. La résistance à la chaleur peut atteindre 1 000 °C (grâce au revêtement CVD), ce qui assure une stabilité optimale dans les environnements à haute température. La précision d'usinage est contrôlée à 0,01 mm près, répondant aux exigences du moulage de haute précision.

4. Exigences de traitement et demandes

Les caractéristiques des broches en carbure reflètent leur valeur unique pour une fabrication efficace. Les paramètres de coupe varient selon le matériau. Par exemple, la vitesse de coupe de l'acier est de 10 à 30 mètres par minute, l'avance de 0,02 à 0,1 mm par course et la profondeur de coupe de 0,5 à 2 mm ; la fonte requiert une vitesse de coupe de 20 à 50 mètres par minute, une avance de 0,05 à 0,15 mm par course et une profondeur de coupe de 1 à 3 mm. Le choix de la méthode de refroidissement est également crucial. Le brochage à sec convient à la fonte et permet de réduire l'utilisation de liquide de refroidissement ; le brochage humide utilisant une émulsion ou un liquide de refroidissement à base d'huile est plus adapté à l'acier et aux alliages de titane, ce qui permet de réduire efficacement les dommages thermiques ; pour le brochage de contours complexes, le refroidissement basse pression (5 à 10 bars) améliore considérablement l'efficacité de l'enlèvement des copeaux grâce à la pulvérisation externe. Dans la pratique, l'industrie automobile utilise souvent des broches pour usiner les arbres de transmission et les trous cannelés, qui nécessitent une efficacité et une qualité de surface élevées ; La fabrication de moules s'appuie sur lui pour former la forme des dents des matrices d'emboutissage, en se concentrant sur la précision des contours ; l'industrie mécanique, comme le traitement par lots de trous polygonaux, s'appuie également sur ses excellentes performances.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Défis et solutions

L'utilisation de broches en carbure pose problème, mais ces problèmes peuvent être résolus grâce à des stratégies d'adaptation scientifiques. Lors du brochage, une mauvaise évacuation des copeaux est un problème fréquent lors de l'usinage de contours complexes. Ce problème peut être résolu en optimisant la conception des rainures et en ajoutant des revêtements autolubrifiants (tels que le MoS₂). L'accumulation de chaleur est fréquente lors du brochage à forte charge, et un système de refroidissement efficace et un revêtement résistant à la chaleur permettent de contrôler efficacement la température. L'usure des broches peut entraîner des erreurs de contour, et le choix de nuances hautement résistantes à l'usure et d'un traitement de renforcement des arêtes peut améliorer la stabilité. Pour les matériaux collants, l'adhérence de surface est le principal problème, et un nettoyage régulier ou l'utilisation de revêtements à faible frottement peuvent prolonger considérablement la durée de vie. Ensemble, ces solutions garantissent la fiabilité des broches dans des conditions de travail complexes.

6. Tendances d'optimisation et de développement

La conception des broches en carbure cimenté reflète la quête d'efficacité et d'intelligence de l'industrie. En termes d'optimisation structurelle, le canal de refroidissement externe par pulvérisation intégré permet de réduire efficacement la température de la broche, la conception segmentée facilite le remplacement des pièces usées et la technologie d'équilibrage dynamique améliore la stabilité du brochage à faible vitesse et à forte charge. En termes d'innovation matérielle, le carbure nano-cimenté améliore la dureté et la ténacité grâce à ses grains fins (moins de 0,5 micron), et la conception du matériau à gradient permet à la broche d'offrir à la fois une dureté et une ténacité élevées. La tendance à l'intelligence permet d'intégrer des capteurs à la broche pour surveiller l'usure et la température en temps réel, et d'ajuster dynamiquement les paramètres de brochage en combinaison avec des algorithmes d'intelligence artificielle. En termes de technologie de fabrication, les technologies d'impression 3D telles que la fusion sélective par laser (SLM) permettent de créer des structures de broche complexes, notamment en optimisant les canaux de refroidissement, tandis que la technologie de dépôt laser permet de réparer les broches usées. La tendance en matière de protection de l'environnement a favorisé le développement de revêtements de brochage à sec (tels que les revêtements composites en graphène), réduisant ainsi la dépendance aux liquides de refroidissement, tandis que l'utilisation de matériaux recyclables réduit également l'impact environnemental.

7. Durée de vie et entretien

La durée de vie des broches en carbure varie selon les conditions d'usinage et les matériaux de la pièce. Elle est généralement comprise entre 20 et 50 heures, par exemple environ 30 heures pour l'usinage de l'acier et jusqu'à 40 heures pour l'usinage de la fonte. Les travaux d'entretien comprennent un affûtage régulier, l'utilisation de meules diamantées pour garantir une erreur d'angle inférieure à 0,5°, la réparation du revêtement par CVD pour restaurer les performances et le prétréglage laser pour garantir une erreur inférieure à 0,01 mm. Ces mesures permettent de prolonger efficacement la durée de vie de la broche. Une fois la broche mise au rebut, les matériaux en tungstène et cobalt qu'elle contient peuvent être recyclés et réutilisés par fusion et retour au four,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

conformément au concept de développement durable.

8. Classification détaillée

Les broches en carbure peuvent être divisées en plusieurs catégories selon les exigences de traitement et les scénarios d'application, chaque type a sa propre conception et son propre objectif uniques :

Broche cylindrique

Convient pour la finition et le formage de trous circulaires de 10 à 100 mm de diamètre et jusqu'à 500 mm de longueur. Angle de coupe de 0° à 3°, angle de retour de 5° à 8°, nuance YG10, revêtement TiN (épaisseur de 2 à 5 microns) pour une meilleure résistance à l'usure. Vitesse de coupe de 10 à 30 m/min, précision inférieure à 0,01 mm, largement utilisé pour l'usinage de roulements et de pièces cylindriques.

Broche à clavette

Conçu pour l'usinage de rainures de clavette ou de cannelures, largeur de 5 à 50 mm, longueur ajustable selon la profondeur de la pièce. Angle de coupe de 0° à 5°, angle de dos de 5° à 10°, nuance YT20, revêtement TiAlN (épaisseur de 10 à 20 microns) pour une meilleure résistance à la chaleur. Vitesse de coupe de 5 à 20 mètres par minute, précision inférieure à 0,01 mm, couramment utilisé pour l'usinage des arbres de transmission et d'engrenages.

Broche d'engrenage

Utilisé pour le formage de profils d'engrenages, avec un nombre de dents compris entre 10 et 50 et une longueur maximale de 600 mm. L'angle de coupe est compris entre 0° et 5°, l'angle de contre-attaque entre 5° et 10°, et la nuance YW3 est sélectionnée. Le revêtement multicouche (par exemple TiN+Al₂O₃) offre des performances optimales. La vitesse de coupe est de 5 à 15 mètres par minute et la précision est inférieure à 0,01 mm. Il est largement utilisé dans la production d'engrenages en série.

9. Sélection et correspondance

Le choix de la broche carbure adaptée nécessite une prise en compte complète du matériau de la pièce et du type d'usinage. Par exemple, pour le brochage de l'acier, optez pour la broche à rainures YT20 ; pour le formage de la fonte, optez pour la broche cylindrique YG10 ; pour l'usinage des engrenages, la broche à engrenages YW3 avec revêtement multicouche est plus adaptée. Les performances de la machine-outil sont également cruciales. La broche doit avoir une force de traction supérieure à 10 tonnes et une vitesse de 5 à 50 mètres par minute pour exploiter pleinement le potentiel de la broche.

1 0 . Tableau récapitulatif de la classification

Broche taper	Nombre de dents/largeur (mm)	Diamètre/Longueur (mm)	Angle avant (°)	Angle arrière (°)	En vigueur Marque	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
cylindre	-	10-100 / 500	0-3	5-8	YG10	TiN (	2-5 10-30	0,5-2	<0,01	Trous de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Broche taper	Nombre de dents/largeur (mm)	Diamètre/Longueur (mm)	Angle avant (°)	Angle arrière (°)	En vigueur Marque	Type de revêtement	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
Broche						μm)				roulement, pièces cylindriques
rainure de clavette Broche	5-50	- / Ajustement	0-5	5-10	YT20	TiAlN (10- 20 μm)	5-20	0,5-2	<0,01	arbre de transmission, arbre de transmission
engrenage Broche	10-50	- / 600	0-5	5-10	YW3	TiN + Al ₂ O ₃	5-15	0,5-2	<0,01	Lot d'engrenages, formage

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté , CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en broches en carbure cémenté , nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com
🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

appendice:

Que sont les outils de formage en carbure ?

Les outils de formage en carbure sont des outils de précision utilisés pour façonner des contours complexes et des formes spéciales en usinage. Grâce à leur excellente dureté et à leur résistance à l'usure, ils offrent des solutions efficaces pour le façonnage personnalisé de la surface ou de l'intérieur des pièces. Ces outils permettent d'usiner des surfaces non circulaires, courbes ou des contours spécifiques en une seule opération, par usinage ou déformation plastique sur tours, fraiseuses ou équipements spéciaux. Ils sont largement utilisés dans les applications de fabrication exigeant une haute précision et des formes uniques. Les outils de formage en carbure sont fabriqués à partir de carbure de tungstène (WC), additionné de cobalt (Co) comme liant, et fritté par un procédé de métallurgie des poudres de précision. Les nuances de matériaux les plus courantes sont le YG6 (dureté moyenne, adapté au formage général), le YT25 (forte résistance à la chaleur, adapté à l'usinage de l'acier) et le YW4 (excellentes performances globales, adapté aux contours complexes). Leurs formes de conception sont variées, avec des structures en carbure intégrées et des configurations ajustables ou modulaires. Le corps de l'outil est généralement en acier ou en carbure haute résistance pour garantir la stabilité lors d'usinages variés.

1. Conception et optimisation de la géométrie

La conception géométrique des outils de formage en carbure est essentielle pour réaliser des formages complexes. Les concepteurs affinent les paramètres pour répondre aux différentes exigences d'usinage. L'angle d'attaque de l'outil est généralement compris entre 5° et 15°. Cet angle est ajusté en fonction du matériau et de la forme de la pièce afin d'équilibrer l'effort de coupe et la qualité de surface ; l'angle arrière est généralement compris entre 6° et 12° pour garantir la stabilité de l'outil au contact de la pièce et éviter une usure excessive ; le chanfrein de l'arête de coupe (0,1-0,3 mm) améliore la résistance à l'écaillage en répartissant les contraintes, notamment en coupe intermittente. Les outils de tournage de formage sont adaptés au formage non circulaire de cercles extérieurs ou de faces d'extrémité, avec un diamètre de 10 à 100 mm, et la lame est personnalisée en fonction du contour de la pièce. Les fraises de formage sont utilisées pour l'usinage de surfaces courbes complexes, avec un diamètre de 20 à 150 mm et 2 à 8 lames. Les outils de moulage sous pression combinent coupe et déformation plastique, avec un diamètre de 50 à 200 mm, adaptés à la production en série. L'optimisation géométrique associe la conception assistée par ordinateur (CAO) et l'analyse par éléments finis pour garantir la stabilité de l'outil à des vitesses modérées (jusqu'à 5 000 tr/min ou 200 m/min). La largeur de la goujure à copeaux (2 à 5 mm) est ajustée en fonction de la profondeur de coupe pour assurer une évacuation fluide des copeaux.

2. Revêtement et traitement de surface

La technologie de revêtement a apporté des avantages de performance supplémentaires aux outils de formage en carbure, leur permettant de s'adapter à des environnements d'usinage plus complexes. Les revêtements PVD (dépôt physique en phase vapeur) tels que le TiN (jaune doré, 2 à 5 microns d'épaisseur) offrent une bonne protection contre l'usure et sont particulièrement adaptés à l'usinage des alliages d'aluminium et des matériaux en cuivre ; les revêtements CVD (dépôt chimique en phase vapeur) tels que le TiAlN (noir violet, 10 à 25 microns d'épaisseur) sont idéaux pour le

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

formage de l'acier et des alliages de titane grâce à leur résistance à la chaleur jusqu'à 1 100 °C. En termes de traitement de surface, le processus de polissage contrôle la rugosité de surface à $Ra < 0,2$ micron pour réduire l'adhérence des copeaux ; la technologie de microtexturation laser grave des microsillons de lubrification à la surface de l'outil pour réduire le coefficient de frottement ; certains outils de formage haut de gamme utilisent des nanorevêtements (tels que le nano- TiAlN , avec des grains inférieurs à 50 nanomètres), ce qui améliore considérablement les performances dans l'usinage de haute précision. L'adhérence du revêtement est vérifiée par des tests de rayure (charge critique > 80 N) pour garantir que le revêtement ne se décollera pas lors d'une utilisation à long terme.

3. Caractéristiques techniques et performances

Les performances techniques des outils de formage en carbure cémenté en font un outil performant pour les opérations de formage complexes et ont acquis une grande reconnaissance dans l'industrie. La vitesse de coupe varie de 50 à 300 mètres par minute, selon le matériau de la pièce. Par exemple, l'acier atteint généralement 100 à 200 mètres par minute, tandis que les alliages d'aluminium peuvent atteindre 200 à 300 mètres par minute. La dureté de l'outil se situe généralement entre 1800 et 2200 HV. Le YT25 peut atteindre 2100 à 2200 HV grâce au carbure de titane, ce qui est suffisant pour les pièces très dures. La ténacité à la rupture est de 12 à 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$. La nuance YG6 présente une ténacité équilibrée grâce à sa teneur modérée en cobalt (6 %), ce qui la rend particulièrement adaptée au formage continu. La résistance à l'usure est inférieure à 0,03 millimètre cube par Newton-mètre et, après revêtement, elle est encore réduite à 0,02 millimètre cube par Newton-mètre, ce qui prolonge considérablement la durée de vie. La résistance à la chaleur jusqu'à 1 100 °C (grâce au revêtement CVD) assure une stabilité optimale dans les environnements à haute température. La précision d'usinage est contrôlée à 0,01 mm près, répondant ainsi aux exigences strictes de l'usinage de contours complexes.

4. Exigences de traitement et demandes

Les exigences de traitement et les scénarios d'application des outils de formage en carbure cémenté reflètent leur valeur unique pour la fabrication sur mesure. Les paramètres de coupe varient selon le matériau. Par exemple, la vitesse de coupe de l'acier est de 100 à 200 mètres par minute, l'avance de 0,05 à 0,2 mm par tour et la profondeur de coupe de 0,5 à 3 mm ; les alliages d'aluminium nécessitent une vitesse de coupe de 200 à 300 mètres par minute, une avance de 0,1 à 0,3 mm par tour et une profondeur de coupe de 1 à 5 mm. Le choix de la méthode de refroidissement est également crucial. La coupe à sec convient aux alliages d'aluminium et permet de réduire l'utilisation de liquide de refroidissement ; la coupe humide utilisant une émulsion ou un liquide de refroidissement à base d'huile est plus adaptée à l'acier et aux alliages de titane, ce qui permet de réduire efficacement les dommages thermiques. Pour les usinages de surface complexes, le refroidissement basse pression (5 à 15 bars) améliore considérablement l'efficacité d'élimination des copeaux grâce à la pulvérisation externe. Dans les applications pratiques, l'industrie automobile utilise souvent des outils de formage pour traiter les arbres à cames et les pièces courbes, qui nécessitent une précision et une qualité de surface élevées ; la fabrication de moules s'appuie sur eux pour former des cavités de moule complexes, en se concentrant sur la cohérence des contours ; l'industrie aéronautique, comme le formage non circulaire des racines d'aubes, s'appuie également

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sur ses performances exceptionnelles.

5. Défis et solutions

L'utilisation d'outils de formage en carbure présente certains défis, mais des stratégies d'adaptation scientifiques permettent de les résoudre efficacement. Lors du formage, une mauvaise évacuation des copeaux est un problème fréquent lors de l'usinage de contours complexes. Ce problème peut être résolu en optimisant la conception des rainures et en ajoutant des revêtements autolubrifiants (tels que le MoS_2). L'accumulation de chaleur est fréquente lors du formage continu, et un système de refroidissement efficace et un revêtement résistant à la chaleur permettent de contrôler efficacement la température. Le faux-rond de l'outil peut entraîner des erreurs de contour, et l'utilisation d'un corps d'outil à haute rigidité et d'un traitement de renforcement des arêtes peut améliorer la stabilité. Pour les matériaux durs, l'usure accélérée est le principal problème, et un affûtage régulier ou l'utilisation de revêtements diamantés peuvent prolonger considérablement la durée de vie. L'ensemble de ces solutions garantit la fiabilité des outils de formage dans des conditions de travail complexes.

6. Tendances d'optimisation et de développement

L'optimisation et le développement des outils de formage en carbure cimenté reflètent la quête d'efficacité et d'intelligence de l'industrie. En termes d'optimisation structurelle, le canal de refroidissement externe par pulvérisation intégré permet de réduire efficacement la température de l'outil, la conception de la tête d'outil réglable s'adapte facilement à différents contours et la technologie d'équilibrage dynamique améliore la stabilité de l'usinage à vitesse moyenne. En termes d'innovation matérielle, le carbure nano-cimenté améliore la dureté et la ténacité grâce à ses grains fins (moins de 0,5 micron), et la conception du matériau à gradient permet à l'outil de formage d'offrir à la fois une dureté et une ténacité élevées. La tendance à l'intelligence permet d'intégrer des capteurs à l'outil pour surveiller l'usure et la température en temps réel et ajuster dynamiquement les paramètres de formage grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle. En termes de technologie de fabrication, les technologies d'impression 3D telles que la fusion sélective par laser (SLM) permettent de créer des structures d'outils complexes, notamment en optimisant les canaux de refroidissement, tandis que la technologie de dépôt laser permet de réparer les outils usés. La tendance en matière de protection de l'environnement a favorisé le développement de revêtements de coupe à sec (tels que les revêtements composites en graphène), réduisant la dépendance aux liquides de refroidissement, tandis que l'utilisation de matériaux recyclables réduit également l'impact environnemental.

7. Durée de vie et entretien

La durée de vie des outils de formage en carbure varie en fonction des conditions d'usinage et des matériaux de la pièce. Elle est généralement comprise entre 15 et 40 heures, par exemple environ 20 heures pour l'usinage de l'acier et jusqu'à 30 heures pour l'usinage des alliages d'aluminium. Les travaux de maintenance comprennent un affûtage régulier, l'utilisation de meules diamantées pour garantir une erreur d'angle inférieure à $0,5^\circ$, la réparation du revêtement par CVD pour restaurer les performances et le pré-réglage laser pour garantir une erreur inférieure à 0,01 mm. Ces mesures

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

permettent de prolonger efficacement la durée de vie des outils de formage. Une fois l'outil mis au rebut, les matériaux en tungstène et cobalt qu'il contient peuvent être recyclés et réutilisés par fusion et retour au four, conformément au concept de développement durable.

8. Normes et certifications de l'industrie

La production et l'utilisation d'outils de formage en carbure cémenté doivent être conformes aux normes internationales et nationales, telles que la norme ISO 3002-1 dans la norme ISO et la série de normes nationales chinoises GB/T, pour garantir la qualité et la sécurité.

9. Classification détaillée

Les outils de formage en carbure peuvent être divisés en plusieurs catégories selon les exigences de traitement et les scénarios d'application, chaque type a sa propre conception et son propre objectif uniques :

Outil de tournage de formage : Convient pour le formage non circulaire de cercles extérieurs ou de faces d'extrémité, avec un diamètre de 10 à 100 mm. La lame est personnalisée en fonction du contour de la pièce. L'angle de coupe est de 5° à 10°, l'angle de dos de 6° à 10°, et la nuance YG6 est sélectionnée. Le revêtement TiN (épaisseur de 2 à 5 microns) assure une bonne résistance à l'usure. La vitesse de coupe est de 100 à 200 mètres par minute et la précision est inférieure à 0,01 mm. Il est largement utilisé pour l'usinage d'arbres à cames et de pièces à surfaces courbes.

Fraise de forme : utilisée pour l'usinage de surfaces complexes, diamètre de 20 à 150 mm, nombre de lames de 2 à 8. Angle de coupe de 5° à 15°, angle de dos de 6° à 12°, nuance YT25, revêtement TiAlN (épaisseur de 10 à 25 microns) pour une meilleure résistance à la chaleur. Vitesse de coupe de 100 à 300 mètres par minute, précision inférieure à 0,01 mm, couramment utilisée pour l'usinage des empreintes de moules et des pièces aéronautiques.

Outil de formage : Combinant découpe et déformation plastique, diamètre de 50 à 200 mm, lame conçue selon la forme de la pièce. Angle de coupe de 5° à 10°, angle de dos de 6° à 10°, nuance YW4, revêtement multicouche (TiN+Al₂O₃ par exemple) pour des performances optimales. Vitesse de coupe de 50 à 150 m/min, précision inférieure à 0,01 mm, largement utilisé pour le formage non circulaire à grande échelle.

10. Sélection et correspondance

Le choix d'un outil de formage en carbure adapté nécessite une prise en compte complète du matériau de la pièce et du type d'usinage. Par exemple, pour le formage de l'acier, optez pour la fraise de formage YT25 ; pour l'usinage des alliages d'aluminium, optez pour l'outil de tournage de formage YG6 ; pour l'usinage de surfaces courbes complexes, l'outil de moulage sous pression YW4 avec revêtement multicouche est plus adapté. Les performances de la machine-outil sont également cruciales. La puissance de la broche doit être supérieure à 5 kW, la vitesse de rotation doit atteindre 1 000 à 5 000 tr/min, ou la vitesse de coupe doit atteindre 50 à 300 mètres/min pour exploiter pleinement le potentiel de l'outil de formage.

11. Tableau récapitulatif de la classification

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Type d'outil	Nombre de lames	diamètre (mm)	Angle de coupe (°)	Angle de dépouille (°)	En vigne Marque	revêtement taper	Vitesse de coupe (m/min)	Profondeur de coupe (mm)	Précision (mm)	Applications typiques
Outil de tournage de - formage	-	10-100	5-10	6-10	YG6	TiN (2-5 μm)	100-200	0,5-3	<0,01	Arbre à cames, pièces courbes
Fraise de forme	2-8	20-150	5-15	6-12	YT25	TiAlN (10-25 μm)	100-300	1-5	<0,01	Cavité de moule, pièces d'aviation
outil de moulage	-	50-200	5-10	6-10	YW4	TiN + Al ₂ O ₃	50-150	0,5-3	<0,01	Lot important, formage non rond

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Pour tous vos besoins en outils de formage en carbure cimenté , nous sommes à votre disposition pour vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

Tél. : +86 592 5129696 E-mail : sales@chinatungsten.com

Site Web : www.tungstenpowder.com Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



appendice:

Qu'est-ce qu'un outil de tournage de formage en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

Les outils de tournage en carbure sont des outils de coupe haute performance conçus pour l'usinage de contours complexes et le tournage de précision. Ils sont largement utilisés dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules, l'industrie automobile, l'aérospatiale, la production d'équipements énergétiques et la fabrication d'instruments de précision. Leur principale caractéristique est que la lame de formage en carbure permet de réaliser la finition de contours spécifiques (tels que filetages, rainures, bossages, chanfreins, etc.) en une seule opération, sans nécessiter de multiples ajustements sur la pièce ou l'outil. Utilisant du carbure comme matériau de base, les outils de tournage en carbure présentent une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Ils conviennent au tournage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. La lame de formage est façonnée selon une forme géométrique spécifique par rectification de précision. Elle est parfaitement adaptée aux tours CNC, aux tours classiques et aux centres d'usinage. Il permet de réaliser efficacement le tournage de cercles extérieurs, de faces d'extrémité, de marches, de filetages et de surfaces courbes complexes. La précision d'usinage atteint les niveaux IT6-IT8 et la rugosité de surface R_a est comprise entre 0,2 et 0,8 micron. Comparés aux outils de tournage classiques, les outils de tournage en carbure offrent un rendement supérieur (augmentation de 30 à 50 % du rendement de production) et une meilleure régularité (erreur de contour $< 0,01$ mm) pour la production en série de pièces complexes. Il est particulièrement adapté aux applications exigeant une précision et une répétabilité élevées. Il offre une grande flexibilité de conception et permet de personnaliser la forme et l'angle de la lame en fonction du contour de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en fabrication intelligente, l'outil peut être intégré aux logiciels de CAO/FAO pour optimiser la trajectoire de coupe grâce à des modèles numériques.

1.2 Contexte de développement

Face à la demande croissante d'automobiles légères, de pièces aéronautiques hautes performances et de moules de précision, les outils de tournage en carbure gagnent en importance dans l'industrie manufacturière moderne grâce à leurs capacités de formage efficaces et à leur durabilité. En 2025, avec l'utilisation croissante de nouveaux matériaux (tels que les alliages à haute entropie) et de formes géométriques complexes, les exigences en matière de précision des arêtes, de résistance à la chaleur et de durée de vie des outils de tournage seront plus élevées, ce qui favorisera l'innovation continue en matière de conception d'outils, de ratios de matériaux et de technologies de revêtement.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

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 conception structurelle des outils de tournage carbure vise à obtenir un formage efficace, une coupe stable et une excellente qualité de surface. Ils adoptent généralement une structure de serrage à queue carrée, à queue ronde ou à lame sur mesure, associée à un corps d'outil rigide pour s'adapter au tournage sous fortes charges. La longueur totale de l'outil varie de 100 mm à 400 mm, ce qui le rend adapté aux petites CNC (100-200 mm) ou aux tours lourds (300-400 mm). Le modèle extra-long (500 mm) est utilisé pour les rainures profondes ou l'usinage de contours spéciaux. Les types de queue incluent des queues carrées (section 10x10 mm à 25x25 mm, tolérance h6) ou rondes (diamètre 10-32 mm, tolérance h6). La longueur de queue (80-300 mm) est personnalisée en fonction des exigences de serrage et de profondeur d'usinage de la machine-outil. Les outils de serrage supportent une transmission de couple élevée (plage de couple de 20 à 200 Nm). La longueur de coupe effective est de 20 à 150 mm. Le tournage superficiel (20-50 mm) est adapté à la finition de surface, tandis que le tournage profond (100-150 mm) est adapté à l'usinage de rainures ou de pas. La géométrie de la lame est personnalisée en fonction du contour de la pièce, par exemple le type de filetage (pas de 0,5 à 10 mm), le type de rainure (largeur de 1 à 20 mm) ou le type de surface courbe (rayon de courbure de 5 à 50 mm). L'angle de la lame est généralement de 5° à 15° pour l'angle avant et de 5° à 10° pour l'angle arrière (personnalisable). La longueur du guide représente 10 à 15 % de la longueur totale afin de garantir la précision du contour. La lame profilée est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes de haute précision (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un bord lisse ($R_a \leq 0,02$ micron) et une erreur géométrique $< 0,005$ mm. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre $< 5 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{kg}$, testé à 10 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors du tournage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-1,5 mm, pression 5-15 bar) ou de rainures à copeaux externes (largeur 1-2 mm) pour améliorer l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 20 à 30 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe < 600 °C), ce qui est idéal pour l'usinage de matériaux à forte charge ou collants. L'outil à serrage mécanique adopte une conception de lame remplaçable, et la lame et la barre d'outils sont reliées par des filetages de haute précision ou une baïonnette (tolérance 6H/6g), ce qui permet un remplacement et un réaffûtage rapides de la lame.

2.2 Matériaux

Français Le matériau est principalement un matériau composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co), et la structure fine des particules assure la résistance à l'usure et aux chocs. Les nuances courantes incluent YG8 (teneur en cobalt 8%, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, adapté au tournage d'ébauche et à la fonte, excellente résistance à l'usure, durée de vie de coupe pouvant atteindre 100-140 heures), YT14 (contenant du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 850°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie pouvant atteindre 110-150 heures), K20 (teneur en cobalt 6%-8%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 1900-2100 MPa, spécialement pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, durée de vie pouvant atteindre 120-160 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K, alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (500-900 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

niobium (NbC, 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) pour optimiser la résistance à la chaleur et à l'oxydation.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

Français La poudre de carbure de tungstène (WC) et la poudre de cobalt (Co) de haute pureté sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la teneur en cobalt est ajustée selon la nuance (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC, 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC, 0,5 %-1 %) sont ajoutés pour améliorer les performances, et la granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 microns. Un broyeur planétaire à boulets (vitesse 50-100 tr/min, durée 24-48 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation < 1 %). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la composition chimique est analysée par un spectromètre de fluorescence X (XRF), avec un écart contrôlé à $\pm 0,05$ %.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche de lame, dont la densité est de 14,5 à 15,2 g/cm³. Un pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisé pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier haute résistance (dureté HRC 50-55) avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'électroérosion sont utilisées pour garantir la précision du formage de la lame. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,5$ %).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-2} Pa) ou sous atmosphère d'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50°C par heure, 300°C à 600°C en préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers (HV 1800-2200) est testée.

3.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé avec des outils CBN, avec une précision de faux-rond $< 0,01$ mm et une rugosité de surface $Ra \leq 0,2$ micron. La lame est usinée à l'aide d'une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm), avec une erreur de profil d'arête $< 0,005$ mm et une surface $Ra \leq 0,02$ micron. Le polissage miroir est réalisé avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,5-W1,0, avec une arête $Ra \leq 0,01$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant 0,1 A/cm²) élimine les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) pour améliorer la résistance à l'affaissement de l'arête, et le profil est

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

calibré par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

par procédé PVD (pression 10^{-3} Pa, température 400-500 °C, vitesse de dépôt 0,1-0,2 $\mu\text{m}/\text{h}$). Les types de revêtement incluent TiAlN (épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), réduisant le coefficient de frottement ($< 0,3$) et augmentant la durée de vie de 30 % à 50 %. Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, et le nanoindenteur teste la dureté et l'adhérence (> 70 N), avec un écart d'épaisseur $< 0,5$ micron.

3.6 Test de l'emballage

La MMT détecte la précision du profil de la lame et l'erreur géométrique ($< 0,01$ mm), tandis que l'équilibreuse dynamique corrige le déséquilibre (< 5 g·mm /kg). Revêtement anti-rouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation. La gravure laser du type d'outil, de sa longueur, de sa marque et du numéro de lot assure la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 1800-2200, après revêtement 3400 HV.

Résistance à la chaleur : 600°C-1000°C.

Vitesse de coupe (V_c) : 50-200 m/min pour l'acier, 30-120 m/min pour l'alliage de titane, 100-300 m/min pour l'alliage d'aluminium.

Vitesse d'avance (f_z) : 0,05-0,20 mm/tr.

Profondeur de coupe (a_p) : 0,1-5 mm.

Tolérance : Précision du contour $< 0,01$ mm, rugosité de surface $< 0,005$ mm.

Rugosité de surface : Ra 0,2-0,8 microns.

5. Scénarios d'application

5.1 Fabrication de moules

Profil de poinçon, matrice et goupille de guidage de tournage, diamètre courant de 10 à 50 mm, profondeur de 20 à 100 mm. Une usine de moulage utilise un outil de tournage de formage pour le tournage de bossages d'outils d'emboutissage. Vitesse de coupe : 120 m/min, avance : 0,10 mm/tr, erreur de contour après usinage : $< 0,008$ mm, Ra : 0,3 micron, durée de vie : 120 heures, production annuelle : 800 jeux de moules, rendement : 40 %. Un formage de contours de haute précision et complexe est requis, avec un système de refroidissement interne (10 bars).

5.2 Industrie automobile

Pour le tournage de cames de vilebrequin, de gorges de segments de piston et de profils d'engrenages, les diamètres courants sont de 20 à 80 mm et les profondeurs de 30 à 150 mm. Une entreprise de pièces automobiles utilise des outils de tournage de profil pour le tournage de cames de vilebrequin. Ces outils offrent une vitesse de coupe de 100 m/min, une avance de 0,08 mm/tr, une erreur de profil inférieure à 0,01 mm après usinage, un Ra de 0,4 micron, une durée de vie de 140 heures, une

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

production annuelle de 500 000 vilebrequins et une réduction de 30 % du temps de traitement. Pour la production en série de pièces complexes, l'efficacité des outils de tournage de profil est devenue un atout.

5.3 Aéronautique

Pour le tournage des emplantures d'aubes de turbine et le contour des connecteurs de fuselage, les diamètres courants sont de 15 à 60 mm et les profondeurs de 50 à 200 mm. Une compagnie aérienne utilise un outil de tournage de formage pour le tournage des emplantures d'aubes en alliage de titane, avec une vitesse de coupe de 60 m/min, une avance de 0,05 mm/tr, une erreur de contour < 0,005 mm après usinage, un Ra de 0,2 micron et une durée de vie de 150 heures, conformément à la norme AS9100. Une résistance à la chaleur et une haute précision sont requises, et la pression de refroidissement interne doit atteindre 15 bars.

5.4 Fabrication d'équipements énergétiques

Usinage de rainures d'arbres de turbine et de contours complexes de corps de vanne, diamètre courant de 30 à 100 mm, profondeur de 100 à 300 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un outil de tournage de profil pour usiner des rainures d'arbres de turbine. Vitesse de coupe : 80 m/min, avance : 0,10 mm/tr, erreur de contour après usinage : < 0,01 mm, Ra : 0,5 micron, durée de vie : 160 heures, production annuelle : 2 000 arbres de turbine, amélioration du rendement : 35 %. Une rigidité élevée et des capacités d'usinage de rainures profondes sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite une pression élevée (15 bar).

5.5 Instruments de précision

Pour le tournage du contour des barillets d'objectifs optiques et des logements de paliers de précision, les diamètres courants sont de 5 à 30 mm et les profondeurs de 20 à 80 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un outil de tournage de profil pour le tournage du contour des barillets d'objectifs. Il présente une vitesse de coupe de 70 m/min, une avance de 0,03 mm/tr, une erreur de contour < 0,003 mm après usinage, un Ra de 0,2 micron, une durée de vie de 110 heures et une production annuelle de 400 000 barillets d'objectifs, conformément à la norme ISO 2768. Pour l'usinage de contours micro-complexes, la haute précision de l'outil de tournage de profils est essentielle.

5.6 Fabrication électronique

Boîtier de connecteur et profil de dissipateur thermique tournés, diamètre courant 10-40 mm, profondeur 10-50 mm. Une entreprise d'électronique utilise un outil de tournage de profils pour tourner des dissipateurs thermiques en alliage d'aluminium. Vitesse de coupe : 150 m/min, avance : 0,15 mm/tr, erreur de contour après usinage : < 0,008 mm, Ra : 0,3 micron, durée de vie : 130 heures, production annuelle : 1 million de dissipateurs thermiques, rendement : 45 % en plus. Un rendement et une qualité de surface élevés sont requis, ainsi qu'un système de refroidissement interne (10 bars).

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils de tournage de formage en carbure cémenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



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

appendice:

Qu'est-ce qu'une fraise à profiler en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

La fraise de formage en carbure est un outil de coupe haute performance conçu pour le fraisage de contours tridimensionnels complexes et l'usinage de précision. Elle est largement utilisée dans l'usinage mécanique, la fabrication de moules, l'aéronautique, l'automobile, la production d'équipements énergétiques et la fabrication d'instruments de précision. Sa principale caractéristique est que la lame de formage en carbure cimenté permet de fraiser des formes spécifiques (dents, rainures, surfaces courbes, chanfreins, etc.) en une seule opération, sans nécessiter de multiples ajustements de la pièce ou de l'outil. La fraise de formage en carbure cimenté présente une dureté élevée (HV 1800-2200), une excellente résistance à l'usure et aux températures élevées. Elle convient au fraisage de matériaux à haute résistance tels que l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les alliages à base de nickel, la fonte et les alliages d'aluminium. La lame de formage est façonnée selon une forme géométrique personnalisée par rectification de précision. Largement compatible avec les fraiseuses CNC, les centres d'usinage et les équipements de fraisage spéciaux, elle permet de réaliser efficacement le fraisage de plans, de côtés, de contours et de surfaces complexes. La précision d'usinage atteint les niveaux IT6-IT8 et la rugosité de surface Ra est comprise entre 0,2 et 0,8 micron. Comparées aux fraises classiques, les fraises de formage en carbure offrent un rendement supérieur (augmentation de 40 à 60 %) et une meilleure régularité (erreur de contour < 0,01 mm) pour la production en série de pièces complexes. Elles sont particulièrement adaptées aux applications exigeant une précision et une répétabilité élevées. Offrant une grande flexibilité de conception, elles permettent de personnaliser la forme de la lame, le nombre de dents et l'angle d'hélice en fonction du contour de la pièce. Grâce aux avancées technologiques en matière de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré aux logiciels de CAO/FAO pour optimiser la trajectoire de coupe grâce à des modèles numériques.

1.2 Contexte de développement

Face à la demande croissante de composants aéronautiques complexes, de pièces automobiles légères et de moules de précision, les fraises de formage en carbure occupent une place importante dans la fabrication moderne grâce à leurs capacités de formage efficaces et à leur durabilité. En 2025, avec l'utilisation croissante de matériaux hautes performances (tels que les composites en fibre de carbone) et de formes géométriques complexes, les exigences en matière de précision des lames, de résistance à la chaleur et de durée de vie des fraises de formage seront plus élevées, ce qui favorisera l'innovation continue en matière de conception d'outils, de ratios de matériaux et de technologies de revêtement.

2. Caractéristiques techniques

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

2.1 Caractéristiques structurelles

La conception structurelle des fraises à profiler en carbure vise à obtenir un fraisage efficace, une coupe stable et une excellente qualité de surface. Elles sont généralement à queue cylindrique, à queue conique ou à serrage mécanique. La lame est profilée sur mesure et dotée d'une conception multident pour s'adapter au fraisage à forte charge. Le diamètre total de l'outil varie de 6 mm à 50 mm. Les fraises à profiler micrométriques ($D < 10$ mm) sont utilisées pour le fraisage fin, les fraises moyennes ($D = 10-25$ mm) pour l'usinage général, et les fraises larges ($D > 25$ mm) pour le fraisage intensif ou de grandes surfaces. La tolérance est h6 (0/-0,006 mm). Les types de queue sont disponibles : queue cylindrique (DIN 6535 HA/HB) ou queue conique (BT40, CAT50). Le diamètre de la queue correspond au diamètre de coupe, la tolérance est h6 et la longueur de la queue (50-250 mm) est personnalisée en fonction des exigences de serrage et de profondeur d'usinage de la machine-outil. La queue conique permet une transmission de couple élevée (plage de couple de 30-300 Nm). La longueur totale, comprise entre 100 et 400 mm, convient aux petites CNC (100-200 mm) et aux centres d'usinage lourds (300-400 mm). La longueur de coupe utile est comprise entre 15 et 150 mm. Le fraisage superficiel (15-50 mm) est adapté à la finition de surface, tandis que le fraisage profond (100-150 mm) est adapté à l'usinage de rainures ou de contours complexes. Le nombre de dents est compris entre 2 et 8 arêtes de coupe, selon le diamètre et les exigences d'usinage. Les petits diamètres ($D < 15$ mm) comptent entre 2 et 4 dents, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm) comptent entre 4 et 8 dents. L'augmentation du nombre de dents peut améliorer l'efficacité de coupe, mais nécessite un support de machine-outil très rigide. L'erreur d'espacement des dents est inférieure à 0,01 mm. L'angle d'hélice est compris entre 10° et 45° , la valeur standard étant de 15° à 30° . La conception en spirale optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations. Un angle de 25° à 30° est couramment utilisé pour la finition afin d'améliorer la qualité de surface, tandis qu'un angle de 30° à 45° peut être sélectionné pour l'ébauche afin d'optimiser l'évacuation des copeaux. La géométrie de la lame de formage est personnalisée en fonction du contour de la pièce, comme la forme des dents (module de 0,5 à 5 mm), le type de rainure (largeur de 1 à 20 mm) ou le type de surface courbe (rayon de courbure de 5 à 50 mm). L'angle de la lame est généralement compris entre 5° et 15° pour l'angle avant et 5° et 10° pour l'angle arrière (personnalisable). La longueur du guide représente 10 à 15 % de la longueur totale pour garantir la précision du contour. La lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un bord lisse ($Ra \leq 0,02$ micron) et une erreur géométrique $< 0,005$ mm. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, vitesse d'essai 15 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors du fraisage à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-2 mm, pression 5-20 bar) ou de rainures à copeaux externes (largeur 1-2,5 mm) pour améliorer l'évacuation des copeaux (efficacité augmentée de 30 à 40 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 600^\circ\text{C}$), adaptés aux rainures profondes ou aux matériaux collants. L'outil serré par machine adopte une conception de lame remplaçable, et la lame et la barre d'outils sont reliées par des filetages de haute précision ou une baïonnette (tolérance 6H/6g), ce qui permet un remplacement rapide et un réaffûtage de la lame.

2.2 Matériaux

Le matériau est principalement un matériau composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(Co), et la structure des particules fines assure la résistance à l'usure et aux chocs. Français Les nuances courantes incluent YG10 (teneur en cobalt 10 %, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 2100-2300 MPa, adapté au fraisage grossier et à la fonte, excellente résistance à l'usure, la durée de vie de coupe peut atteindre 100-140 heures), YT15 (contenant du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 850°C, adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, la durée de vie peut atteindre 110-150 heures), K30 (teneur en cobalt 8%-10%, dureté HV 1700-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, spécialement pour les alliages d'aluminium et les métaux non ferreux, forte anti-adhérence, la durée de vie peut atteindre 120-160 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K, alliage d'aluminium 200-250 W/ m· K) et de la température de coupe (500-900 °C). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) ou de terres rares (comme le Ce, 0,1 à 0,3 %) pour optimiser la résistance à la chaleur et à l'oxydation.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

Français La poudre de carbure de tungstène (WC) et la poudre de cobalt (Co) de haute pureté sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la teneur en cobalt est ajustée selon la nuance (6 %-12 %), du carbure de titane (TiC , 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 %-1 %) sont ajoutés pour améliorer les performances, et la granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 microns. Un broyeur planétaire à boulets (vitesse 50-100 tr/min, durée 24-48 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation < 1 %). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la composition chimique est analysée par un spectromètre de fluorescence X (XRF), avec un écart contrôlé à $\pm 0,05$ %.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche de lame, dont la densité est de 14,5 à 15,2 g/cm³ . Un pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisé pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier haute résistance (dureté HRC 50-55) avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'électroérosion sont utilisées pour garantir la précision du formage de la lame. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,1$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,5$ %).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-2} Pa) ou sous atmosphère d'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50°C par heure, 300°C à 600°C en préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 1-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers (HV 1800-2200) est testée.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé avec des outils CBN, avec une précision de faux-rond $< 0,01$ mm et une rugosité de surface $Ra \leq 0,2$ micron. La lame est usinée à l'aide d'une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm), avec une erreur de profil d'arête $< 0,005$ mm et une surface $Ra \leq 0,02$ micron. Le polissage miroir est réalisé avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,5-W1,0, avec une arête $Ra \leq 0,01$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant $0,1$ A/cm²) élimine les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée ($0,1-0,2$ mm, angle $5^{\circ}-10^{\circ}$) pour améliorer la résistance à l'affaissement de l'arête, et le profil est calibré par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

par procédé PVD (pression 10^{-3} Pa, température $400-500$ °C, vitesse de dépôt $0,1-0,2$ $\mu\text{m}/\text{h}$). Les types de revêtement incluent TiAlN (épaisseur 3-8 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 3-7 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), réduisant le coefficient de frottement ($< 0,3$) et augmentant la durée de vie de 30 % à 50 %. Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, et le nanoindenteur teste la dureté et l'adhérence (> 70 N), avec un écart d'épaisseur $< 0,5$ micron.

3.6 Tests finaux et emballage

La machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) détecte la précision du profil de la lame et l'erreur géométrique ($< 0,01$ mm), tandis que la machine d'équilibrage dynamique corrige le déséquilibre (< 5 g·mm/kg). Revêtement antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation. Gravure laser du type d'outil, du diamètre, du nombre de dents, de la marque et du numéro de lot pour garantir la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 1800-2200, 3000-3500 HV après revêtement.

Résistance à la chaleur : $600^{\circ}\text{C}-1100^{\circ}\text{C}$. Vitesse de coupe (V_c) : 60-300 m/min pour l'acier, 40-180 m/min pour les alliages de titane, 200-400 m/min pour les alliages d'aluminium.

Avance (fz) : 0,05-0,30 mm/dent. Profondeur de coupe (ap) : 0,1-12 mm. Tolérance : précision du profil $\pm 0,01$ mm, rugosité de surface $\pm 0,005$ mm. Rugosité de surface : Ra 0,2-1,0 micron.

5. Scénarios d'application

5.1 Fabrication de moules

Fraisage d'empreintes de moules, de rainures de dents et de surfaces courbes complexes. Les diamètres courants sont de 10 à 40 mm et les profondeurs de 20 à 100 mm. Une usine de moulage utilise une fraise de formage de 20 mm de diamètre pour fraiser des empreintes de modèles d'emboutissage. La fraise présente une vitesse de coupe de 150 m/min, une avance de 0,15 mm/dent, une erreur de contour $< 0,008$ mm après usinage, un Ra de 0,3 micron, une durée de vie de 130 heures, une production annuelle de 600 jeux de moules et une augmentation de l'efficacité de 50 %. Un formage de contours complexes et de haute précision est requis, et un système de refroidissement interne (15 bars) est pris en charge.

5.2 Industrie automobile

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fraisage de rainures de culasses de moteurs, de profils d'engrenages et de surfaces de pièces légères. Diamètres courants : 15 à 50 mm et profondeurs : 30 à 150 mm. Une entreprise de pièces automobiles utilise une fraise à profiler de 25 mm de diamètre pour fraiser des rainures de culasses. La vitesse de coupe est de 120 m/min, l'avance de 0,10 mm/dent, l'erreur de profil est inférieure à 0,01 mm après usinage, le Ra est de 0,4 micron, la durée de vie de l'outil est de 150 heures, la production annuelle de 400 000 culasses est de 400 000 et le temps de traitement est réduit de 35 %. Pour la production en série de pièces complexes, le rendement élevé des fraises à profiler est devenu un atout.

5.3 Aérospatiale

Fraisage d'aubes de turbine, de connexions de fuselage et de profilés en matériaux composites. Les diamètres courants sont de 10 à 30 mm et les profondeurs de 50 à 200 mm. Une compagnie aérienne utilise une fraise à profiler de 15 mm de diamètre pour fraiser des aubes en alliage de titane. La vitesse de coupe est de 80 m/min, l'avance de 0,08 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,005 mm après usinage, le Ra est de 0,2 micron et la durée de vie de l'outil est de 160 heures, conformément à la norme AS9100. Une résistance à la chaleur et une grande précision sont requises, et la pression de refroidissement interne doit atteindre 20 bars.

5.4 Fabrication d'équipements énergétiques

Fraisage de rainures d'aubes de turbine et de surfaces courbes complexes de corps de vanne, diamètre courant de 20 à 60 mm, profondeur de 100 à 300 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise une fraise à profil de 30 mm de diamètre pour fraiser des rainures d'aubes de turbine. Vitesse de coupe : 100 m/min, avance : 0,12 mm/dent, erreur de contour après usinage : < 0,01 mm, Ra : 0,5 micron, durée de vie de l'outil : 170 heures, production annuelle : 1 500 aubes, amélioration du rendement : 40 %. Une rigidité élevée et des capacités d'usinage de rainures profondes sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite une pression élevée (20 bar).

5.5 Instruments de précision

Fraisage de moules de lentilles optiques et de contours de micro-engrenages. Les diamètres courants sont de 5 à 20 mm et les profondeurs de 10 à 50 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise une fraise de formage de 10 mm de diamètre pour fraiser des moules de lentilles. Cette fraise présente une vitesse de coupe de 90 m/min, une avance de 0,05 mm/dent, une erreur de contour < 0,003 mm après usinage, un Ra de 0,2 micron, une durée de vie de 120 heures et une production annuelle de 300 000 moules, conformément à la norme ISO 2768. Pour l'usinage de contours micro-complexes, la haute précision de la fraise de formage est essentielle.

5.6 Fabrication électronique

Fraisage de connecteurs de circuits imprimés et de dissipateurs thermiques aux contours complexes. Les diamètres courants sont de 10 à 30 mm et les profondeurs de 10 à 40 mm. Une entreprise d'électronique utilise une fraise de formage de 15 mm de diamètre pour fraiser des dissipateurs thermiques en alliage d'aluminium. Cette fraise offre une vitesse de coupe de 200 m/min, une avance de 0,20 mm/dent, une erreur de contour < 0,008 mm après usinage, un Ra de 0,3 micron, une durée de vie de 140 heures, une production annuelle de 800 000 dissipateurs thermiques et une augmentation de l'efficacité de 50 %. Un rendement et une qualité de surface élevés sont requis, ainsi qu'un système de refroidissement interne (15 bars).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de fraises de formage en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



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

appendice:

Que sont les outils de coupe en nano carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

Les outils de coupe en nanocarbone sont des outils de coupe haute performance fabriqués à partir de matériaux en carbure nano-grainé. Ils sont largement utilisés dans l'usinage mécanique, l'aérospatiale, l'automobile, la fabrication d'équipements énergétiques et les instruments de précision. Leur principale caractéristique est leur structure nano-grainée (taille de grain inférieure à 100 nanomètres) qui améliore considérablement la dureté, la résistance à l'usure et la résistance aux chocs. Ils permettent de couper efficacement des matériaux à haute résistance et difficiles à usiner, tels que l'acier trempé (HRC 50-65), les alliages haute température (Inconel 718), les alliages de titane (HRC 35-40), les matériaux composites et les matériaux extra-durs. Les outils de coupe en nanocarbone sont à base de carbure de tungstène (WC) et intègrent des phases liantes nanométriques (comme le cobalt, le cobalt ou le nickel, le nickel). Ils présentent une dureté ultra-élevée (HV 2000-2500) et une excellente résistance aux hautes températures (résistance à la chaleur supérieure à 1000 °C), et conviennent à divers procédés d'usinage tels que le tournage, le fraisage et le perçage. Comparés aux outils de coupe traditionnels en carbure micron, les outils de coupe en nano-carbone se distinguent par leur vitesse de coupe (augmentation de 20 à 40 %), leur durée de vie (prolongée de 50 à 100 %) et leur qualité de surface (Ra 0,05 à 0,3 micron). Ils sont particulièrement adaptés aux usinages de haute précision et à grande vitesse. Leur conception est très flexible, et la géométrie de la lame, le revêtement et le type de queue peuvent être personnalisés selon les exigences d'usinage. Grâce aux progrès de la technologie de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un système de surveillance en temps réel pour optimiser les paramètres de coupe.

1.2 Contexte de développement

Avec le développement rapide de l'Industrie 4.0 et de la fabrication haut de gamme, la demande de découpe efficace de matériaux difficiles à usiner a fortement augmenté, et les outils de coupe en nanocarbone sont devenus un sujet d'actualité dans l'industrie grâce à leurs excellentes propriétés mécaniques et leurs capacités d'usinage. En 2025, face à la demande croissante d'outils de très haute précision et à longue durée de vie dans les secteurs de l'aérospatiale, des équipements médicaux et des nouvelles énergies, l'application des nanotechnologies au carbure cimenté sera encore approfondie, favorisant ainsi les innovations en matière de ratios de matériaux, de procédés de frittage et de traitements de surface.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

La conception structurelle des outils de coupe en nano-carbone vise à obtenir une coupe très efficace, une durabilité et une stabilité exceptionnelles. Ils adoptent généralement une structure à queue cylindrique, à queue conique ou à serrage mécanique, avec une disposition de l'arête de coupe à arêtes multiples ou simples, associée à un corps d'outil très rigide pour s'adapter à l'usinage à grande

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

vitesse. Le diamètre total de l'outil varie de 3 mm à 60 mm. Les micro-outils ($D < 10$ mm) sont utilisés pour le micro-usinage, les outils de taille moyenne ($D = 10-30$ mm) pour la coupe générale, et les grands outils ($D > 30$ mm) pour l'usinage intensif. La classe de tolérance est h6 ($0/-0,006$ mm). Les types de queue sont disponibles : queue cylindrique (DIN 6535 HA/HB) ou queue conique (BT40, CAT50). Le diamètre de la queue correspond au diamètre de coupe, la tolérance est h6 et la longueur de la queue (50-300 mm) est personnalisée en fonction des exigences de serrage et de profondeur d'usinage de la machine-outil. La queue conique permet une transmission de couple élevée (plage de couple de 20-250 Nm). La longueur totale, comprise entre 100 et 500 mm, convient aux petites CNC (100-200 mm) et aux centres d'usinage lourds (400-500 mm). La longueur de coupe effective est comprise entre 15 et 200 mm : la coupe superficielle (15-50 mm) est adaptée à la finition, tandis que la coupe profonde (150-200 mm) est adaptée aux trous ou rainures profonds. Le nombre d'arêtes de coupe est compris entre 2 et 10, selon le diamètre et le type d'usinage : 2 à 4 pour les petits diamètres ($D < 15$ mm) et 4 à 10 pour les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm). L'écartement des arêtes de coupe est inférieur à 0,01 mm. L'angle d'hélice est de 10° à 40° (personnalisable), la valeur standard est de 15° à 30° , ce qui optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations, et la valeur de 25° à 30° est couramment utilisée pour la finition. La lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir un tranchant lisse ($R_a \leq 0,02$ micron) et une erreur géométrique $< 0,005$ mm. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 5 g·mm/kg, testé à 18 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,3-2 mm, pression 5-25 bar) ou de rainures à copeaux externes (largeur 0,5-2,5 mm) pour améliorer l'efficacité d'évacuation des copeaux (40-50 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 650^\circ\text{C}$), ce qui les rend adaptés aux matériaux difficiles à usiner. L'outil à serrage mécanique est doté d'une lame remplaçable, et la lame et la tige de l'outil sont reliées par un filetage de haute précision (tolérance 6H/6g), ce qui permet un remplacement et un réaffûtage rapides de la lame.

2.2 Matériaux

Le matériau est principalement un matériau composite de carbure de tungstène (WC) à l'échelle nanométrique et de phase de liaison à l'échelle nanométrique (comme Co 6%-12%, Ni 0,5%-2%), avec une granulométrie contrôlée à 20-80 nanomètres pour assurer une dureté et une ténacité ultra-élevées. Français Les nuances courantes incluent Nano-WC-Co10 (teneur en cobalt 10 %, dureté HV 2200-2400, résistance à la flexion 2300-2600 MPa, adapté à l'acier à haute dureté et aux alliages à haute température, la durée de vie peut atteindre 150-200 heures), Nano-WC-TiC-Co8 (contenant du carbure de titane, dureté HV 2300-2500, résistance à la chaleur 1050°C , adapté aux alliages de titane et aux matériaux composites, la durée de vie peut atteindre 160-220 heures), Nano-WC-Ni6 (phase de liaison à base de nickel, dureté HV 2100-2300, forte résistance à la corrosion, spécialement conçu pour les métaux non ferreux, la durée de vie peut atteindre 140-180 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 50-65, alliage de titane HRC 35-40), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/m·K, alliage de titane 15-20 W/m·K) et de la température de coupe ($600-1\,000^\circ\text{C}$). Certains modèles ajoutent du carbure de tantale de qualité nanométrique (TaC , 0,5 à 1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 à 1 %) pour optimiser la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

résistance à l'usure et aux fissures thermiques.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

De la poudre de nano-carbure de tungstène (WC) de très haute pureté est mélangée à de la poudre de nano-cobalt (Co) ou de nickel (Ni) en proportions (précision $\pm 0,05\%$), la granulométrie étant contrôlée entre 20 et 80 nanomètres, et du nano-carbure de titane (TiC, 0,5 %-1 %) ou du carbure de niobium (NbC, 0,5 %-1 %) étant ajouté pour améliorer les performances. Un broyeur à boulets haute énergie (vitesse 200-300 tr/min, durée 36-72 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'isopropanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation $< 0,5\%$). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la structure de la phase cristalline est analysée par diffraction des rayons X (DRX), avec un écart contrôlé à $\pm 0,02\%$.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 200 à 300 MPa pour former l'ébauche de lame, d'une densité de 15,0 à 15,5 g/cm³. La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 200 à 250 MPa, durée de 15 à 20 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier ultra-dur (dureté HRC 58-62), avec une précision de $\pm 0,01$ mm. La découpe laser et l'usinage par électro-étincelage garantissent la précision du formage de la lame. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,05$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,3\%$).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-3} Pa) ou sous atmosphère d'argon, la température est de 1 450 °C à 1 650 °C pendant 12 à 16 heures, puis elle est augmentée par paliers (60 °C par heure, 300 °C à 700 °C lors de la phase de préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 150-200 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 20-80 nanomètres et répartir uniformément la microdureté (écart type < 40 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté est testée par nanoindentation (HV 2 000-2 500).

3.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN avec une précision de faux-rond $< 0,01$ mm et une rugosité de surface $Ra \leq 0,1$ micron. La lame est usinée sur une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,001$ mm), avec une erreur de profil d'arête $< 0,003$ mm et une surface $Ra \leq 0,01$ micron. Le polissage miroir est réalisé avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,1-W0,5, avec une arête $Ra \leq 0,005$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant 0,05-0,1 A/cm²) élimine les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée (0,05-0,15 mm, angle 5°-10°) pour améliorer sa résistance à l'affaissement de l'arête, et la géométrie de la lame est calibrée par interféromètre laser.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.5 Traitement de revêtement

Procédé PVD ou CVD (pression 10^{-3} Pa, température 450-550 °C, vitesse de dépôt 0,1-0,3 $\mu\text{m/h}$). Les types de revêtements incluent le nano- TiAlN (épaisseur 2-6 microns, dureté 3000-3500 HV), le nano- AlCrN (épaisseur 2-5 microns, dureté 3200-3600 HV) ou le nano-DLC (épaisseur 1-2 microns, dureté 3200-3700 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), réduisant le coefficient de frottement ($< 0,2$) et augmentant la durée de vie de 50 à 70 %. Un MEB haute résolution est utilisé pour vérifier l'uniformité du revêtement, et un instrument de nano-indentation est utilisé pour tester la dureté et l'adhérence (> 80 N), avec un écart d'épaisseur $< 0,2$ micron.

3.6 Tests et emballage

La machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) détecte la précision du profil de la lame et l'erreur géométrique ($< 0,005$ mm), tandis que la machine d'équilibrage dynamique corrige le déséquilibre (< 3 g·mm /kg). Revêtement antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation. Gravure laser du type d'outil, du diamètre, du nombre de dents, de la marque et du numéro de lot pour garantir la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 2000-2500, revêtu 3000-3700 HV.

Résistance à la chaleur : 800°C-1100°C. Vitesse de coupe (V_c) : acier 80-350 m/min, alliage de titane 50-200 m/min, alliage d'aluminium 250-450 m/min.

Avance (fz) : 0,03-0,35 mm/dent. Profondeur de coupe (ap) : 0,1-15 mm. Tolérance : précision du profil $\pm 0,005$ mm, rugosité de surface $\pm 0,003$ mm. Rugosité de surface : Ra 0,05-0,3 micron.

5. Scénarios d'application

5.1 Aéronautique

Usinage d'aubes de turbine, de cadres de fuselage et de pièces en alliage de titane. Les diamètres courants sont de 10 à 30 mm et les profondeurs de 50 à 200 mm. Une compagnie aérienne utilise un outil de coupe en nano-carbure de 15 mm de diamètre pour usiner des aubes en Inconel 718, avec une vitesse de coupe de 120 m/min et une avance de 0,08 mm/dent. L'erreur de contour après usinage est inférieure à 0,003 mm, Ra 0,1 micron, et la durée de vie de l'outil est de 180 heures, ce qui est conforme à la norme AS9100. L'outil doit être résistant aux températures élevées et d'une grande précision, avec une pression de refroidissement interne de 25 bars.

5.2 Industrie automobile

Usinage de vilebrequins, d'engrenages et de pièces légères en alliage d'aluminium. Les diamètres courants sont de 20 à 50 mm et les profondeurs de 30 à 150 mm. Une entreprise de pièces automobiles utilise un outil de coupe en nano-carbure de 25 mm de diamètre pour usiner des vilebrequins en acier haute résistance. Il présente une vitesse de coupe de 200 m/min, une avance de 0,15 mm/dent, une erreur de contour $< 0,005$ mm après usinage, un Ra de 0,2 micron, une durée de vie de 170 heures, une production annuelle de 500 000 pièces et une amélioration de l'efficacité de 45 %. Pour l'usinage de matériaux à haute dureté, l'avantage en termes de durée de vie est

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

significatif.

5.3 Fabrication d'équipements énergétiques

Pour l'usinage des rainures d'arbres de turbine et des corps de vannes haute pression, les diamètres courants sont de 30 à 70 mm et les profondeurs de 100 à 300 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un outil de coupe en nano-carbure de 40 mm de diamètre pour usiner des arbres de turbine en alliage haute température. Il présente une vitesse de coupe de 150 m/min, une avance de 0,12 mm/dent, une erreur de contour inférieure à 0,005 mm après usinage, un Ra de 0,15 micron, une durée de vie de 200 heures, une production annuelle de 1 200 pièces et une amélioration du rendement de 40 %. Une résistance élevée à l'usure et des capacités d'usinage de rainures profondes sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite 20 bars .

5.4 Dispositifs médicaux

Usinage d'implants et de microdispositifs orthopédiques, diamètre courant de 5 à 15 mm, profondeur de 10 à 50 mm. Une entreprise médicale utilise des outils de coupe en nanocarbure de 8 mm de diamètre pour usiner des articulations de hanche en alliage de titane. Vitesse de coupe : 80 m/min, avance : 0,05 mm/dent, erreur de contour après usinage : < 0,002 mm, Ra : 0,05 micron, durée de vie : 150 heures, conformément aux normes de la FDA. Une précision et une biocompatibilité optimales sont requises, et le revêtement DLC est couramment utilisé.

5.5 Instruments de précision

Usinage de moules de lentilles optiques et de micro-engrenages. Les diamètres courants sont de 5 à 20 mm et les profondeurs de 10 à 40 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un outil de coupe en nano-carbure de 10 mm de diamètre pour usiner des moules de lentilles. Il présente une vitesse de coupe de 120 m/min, une avance de 0,06 mm/dent, une erreur de contour inférieure à 0,002 mm après usinage, un Ra de 0,1 micron, une durée de vie de 160 heures et une production annuelle de 250 000 pièces, conformément à la norme ISO 2768. Dans l'usinage de micro-haute précision, la stabilité de l'outil est essentielle.

5.6 Fabrication électronique

Usinage de connecteurs de circuits imprimés et de dissipateurs thermiques. Les diamètres courants sont de 10 à 30 mm, les profondeurs de 10 à 30 mm. Une entreprise d'électronique utilise un outil de coupe en nano-carbure de 15 mm de diamètre pour usiner des dissipateurs thermiques en alliage d'aluminium. Il présente une vitesse de coupe de 300 m/min, une avance de 0,20 mm/dent, une erreur de contour < 0,005 mm après usinage, un Ra de 0,15 micron, une durée de vie de 180 heures, une production annuelle de 600 000 pièces et une augmentation de l'efficacité de 50 %. Un rendement et une qualité de surface élevés sont requis, ainsi qu'un système de refroidissement interne (15 bars).

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté , CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d' outils de coupe en carbure cimenté nano , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Que sont les outils composites en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

Les outils de coupe composites en carbure cimenté sont des outils de coupe haute performance fabriqués en combinant du carbure cimenté avec divers matériaux de renforcement (tels que la céramique, le nitrure de bore cubique (CBN), le diamant ou les phases composites de carbure). Ils sont largement utilisés dans l'usinage mécanique, l'aérospatiale, l'automobile, la fabrication d'équipements énergétiques et les instruments de précision. Leur principale caractéristique réside dans leur conception en matériau composite, qui allie la dureté élevée du carbure cimenté (HV 1800-2400) à la très haute résistance à l'usure ou aux hautes températures des matériaux de renforcement. Ils permettent de couper efficacement des matériaux extrêmement difficiles à usiner tels que l'acier trempé (HRC 55-70), les alliages haute température (Inconel 718), les alliages de titane (HRC 35-45), les matériaux composites et les plastiques renforcés de fibres de verre. Les outils de coupe composites en carbure cimenté sont à base de carbure de tungstène (WC) et associés à des phases de renforcement de l'ordre du nanomètre ou du micromètre. Ils présentent une excellente résistance aux chocs (résistance à la flexion de 2 000 à 2 800 MPa) et à la chaleur (supérieure à 1 000 °C), et conviennent à divers procédés d'usinage tels que le tournage, le fraisage, le perçage et la rectification. Comparés aux outils en carbure simple, les outils composites présentent des avantages significatifs en termes de vitesse de coupe (augmentation de 30 à 50 %), de durée de vie (prolongée de 70 à 120 %) et de qualité de surface (Ra 0,05 à 0,25 micron). Ils sont particulièrement adaptés aux usinages de haute précision, à haut rendement et en environnements extrêmes. Leur conception est très flexible, et la géométrie de la lame, le ratio composite et le type de revêtement peuvent être personnalisés en fonction des exigences d'usinage. Grâce aux progrès de la technologie de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré au système de capteurs pour optimiser les paramètres de coupe en temps réel.

1.2 Contexte de développement

Face à la demande croissante de matériaux extra-durs et de matériaux composites pour la fabrication haut de gamme, les outils composites en carbure cimenté sont devenus une priorité de l'industrie grâce à leurs excellentes performances globales. En 2025, avec la recherche d'outils durables et de haute précision dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'énergie et de la médecine, l'application de la technologie composite à la fabrication d'outils se développera davantage, favorisant ainsi le développement innovant des ratios de matériaux, de la liaison des interfaces et du traitement de surface.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

La conception structurelle des outils composites en carbure cimenté vise à obtenir une coupe efficace, une durabilité et une stabilité optimales. Ils sont généralement à queue cylindrique, à queue

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

conique ou à serrage mécanique, avec une disposition de l'arête de coupe à arêtes multiples ou simples, et leur corps composite haute rigidité s'adapte aux conditions d'usinage extrêmes. Le diamètre total de l'outil varie de 4 mm à 70 mm. Les micro-outils ($D < 12$ mm) sont utilisés pour le micro-usinage, les outils de taille moyenne ($D = 12-35$ mm) pour la coupe générale, et les grands outils ($D > 35$ mm) pour l'usinage intensif. La classe de tolérance est h6 ($0/-0,006$ mm). Les types de queue sont disponibles : queue cylindrique (DIN 6535 HA/HB) ou queue conique (BT40, CAT50, HSK-A63). Le diamètre de la queue correspond au diamètre de coupe, la tolérance est h6 et la longueur de la queue (60-350 mm) est personnalisée en fonction des exigences de serrage et de profondeur d'usinage de la machine-outil. La queue conique permet une transmission de couple élevée (plage de couple de 30-350 Nm). La longueur totale, comprise entre 120 et 600 mm, convient aux centres d'usinage CNC de taille moyenne (120-300 mm) ou aux centres d'usinage à usage intensif (400-600 mm). La longueur de coupe effective est comprise entre 20 et 250 mm : la coupe superficielle (20-60 mm) est adaptée à la finition, tandis que la coupe profonde (200-250 mm) est adaptée aux trous ou rainures profonds. Le nombre d'arêtes de coupe est compris entre 2 et 12, selon le diamètre et le type d'usinage : 2 à 5 pour les petits diamètres ($D < 18$ mm) et 5 à 12 pour les diamètres moyens et grands ($D > 18$ mm). L'écartement des arêtes est inférieur à 0,01 mm. L'angle d'hélice est de 10° à 50° (personnalisable), la valeur standard étant de 15° à 35° , ce qui optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations. 25° à 30° est couramment utilisé pour la finition, et 35° à 50° peut être sélectionné pour les usinages intensifs. La géométrie de la lame est personnalisée en fonction des exigences de la pièce, telles que la forme des dents (module de 0,5 à 6 mm), le type de rainure (largeur de 1 à 25 mm) ou le type de surface courbe (rayon de courbure de 5 à 60 mm). L'angle de la lame est généralement de 5° à 15° pour l'angle avant et de 5° à 10° pour l'angle arrière (personnalisable). La longueur du guide représente 10 à 15 % de la longueur totale pour garantir la précision du contour. La lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,001$ mm) pour garantir un tranchant lisse ($R_a \leq 0,01$ micron) et une erreur géométrique $< 0,003$ mm. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre < 3 g·mm/kg, testé à 20 000 tr/min) pour réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,003$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-2,5 mm, pression 5-30 bar) ou de rainures à copeaux externes (largeur 0,5-3 mm), qui améliorent l'efficacité d'élimination des copeaux (40 %-60 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 700^\circ\text{C}$), adaptées aux conditions d'usinage extrêmes. L'outil serré par machine adopte une conception de lame remplaçable, et la lame et la barre d'outils sont reliées par des filetages de haute précision ou une baïonnette (tolérance 6H/6g), ce qui permet un remplacement rapide et un réaffûtage de la lame.

2.2 Matériaux

Le matériau est à base de carbure de tungstène (WC) de taille nano/micronique, avec une phase de renforcement composite (comme CBN 10%-30%, diamant 5%-15%, TiC 5%-10% ou Al_2O_3 5 %-10 %), et une phase de liaison de cobalt (Co 6%-12%) ou de nickel (Ni 1%-3%), et la taille des grains est contrôlée à 50-150 nanomètres. Français Les types de composites courants incluent le WC-Co-CBN (dureté HV 2200-2600, résistance à la flexion 2300-2700 MPa, adapté à l'acier à haute dureté, durée de vie jusqu'à 180-250 heures), le WC - TiC -Co (dureté HV 2300-2700, résistance à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la chaleur 1100°C, adapté aux alliages de titane, durée de vie jusqu'à 190-260 heures), le WC-Diamond-Co (dureté HV 2500-3000, résistance à l'usure extrêmement élevée, spécialement conçu pour les matériaux composites, durée de vie jusqu'à 200-300 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 55-70, alliage de titane HRC 35-45), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m· K , alliage de titane 15-20 W/ m· K) et de la température de coupe (600-1200°C). Certains modèles ajoutent du carbure de tantale de qualité nanométrique (TaC , 0,5 % à 1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 % à 1 %) pour optimiser la résistance aux fissures thermiques et la résistance de liaison de l'interface.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

Une poudre de carbure de tungstène (WC) nano/micron ultra-pure est mélangée à une poudre de phase renforçante (CBN, diamant) en proportions (précision $\pm 0,05$ %). La phase de liaison est du cobalt ou du nickel nanométrique, et la granulométrie est contrôlée entre 50 et 150 nanomètres. Un broyeur à boulets haute énergie (vitesse 200-350 tr/min, durée 48-72 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'isopropanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'homogénéité de la poudre (ségrégation $< 0,5$ %). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la phase cristalline et la liaison interfaciale sont analysées par diffraction des rayons X (DRX), avec un écart contrôlé à $\pm 0,02$ %.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 250 à 350 MPa pour former l'ébauche de pale, d'une densité de 15,2 à 15,8 g/cm³ . La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 250 à 300 MPa, durée de 15 à 20 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier ultra-dur (dureté HRC 60-65), avec une précision de $\pm 0,01$ mm. La découpe laser et l'usinage par électro-étincelage sont utilisés pour garantir la précision de formage de l'interface pale-composite. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,03$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,2$ %).

3.3 Frittage à haute température

Français Dans un four sous vide (pression 10^{-3} Pa) ou sous atmosphère d'argon, la température est de 1500 °C à 1700 °C pendant 12 à 18 heures, puis elle est augmentée par paliers (60 °C par heure, 300 °C à 700 °C lors de la phase de préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 200-250 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 50-150 nanomètres et répartir uniformément la microdureté (écart type < 30 HV). La microscopie électronique à balayage (MEB) analyse la microstructure et la liaison des interfaces, et un instrument de nanoindentation teste la dureté (HV 2200-3000).

3.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN, avec une précision de faux-rond $< 0,01$ mm

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

et une rugosité de surface $Ra \leq 0,1$ micron. La lame est usinée sur une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,001$ mm), avec une erreur de profil d'arête $< 0,003$ mm et une surface $Ra \leq 0,01$ micron. Le polissage miroir avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,1-W0,5, Ra d'arête $\leq 0,005$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant 0,05-0,1 A/cm²) éliminent les bavures microscopiques. Le chanfrein de la pointe (0,05-0,15 mm, angle 5°-10°) améliore la résistance à l'affaissement de l'arête, l'interface composite est testée par ultrasons pour garantir la résistance de la liaison, et la géométrie est calibrée par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

Procédé PVD ou CVD (pression 10^{-3} Pa, température 500-600 °C, vitesse de dépôt 0,1-0,3 $\mu\text{m/h}$). Les types de revêtements incluent le nano- TiAlN (épaisseur 2-6 microns, dureté 3200-3600 HV), le nano- AlCrN (épaisseur 2-5 microns, dureté 3400-3800 HV) ou le nano-DLC (épaisseur 1-2 microns, dureté 3400-3900 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), réduisant le coefficient de frottement ($< 0,2$) et augmentant la durée de vie de 60 à 80 %. Un MEB haute résolution est utilisé pour vérifier l'uniformité du revêtement, et un instrument de nano-indentation est utilisé pour tester la dureté et l'adhérence (> 90 N), avec un écart d'épaisseur $< 0,2$ micron.

3.6 Test de l'emballage

La MMT détecte la précision du profil de la lame et l'erreur géométrique ($< 0,005$ mm), tandis que l'équilibre dynamique corrige le déséquilibre (< 3 g·mm/kg). Un revêtement anti-rouille ou un emballage sous vide prévient l'oxydation. La gravure laser du type d'outil, du diamètre, du nombre de dents, du type de composite et du numéro de lot assure la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 2200-3000, revêtu 3200-3900 HV.

Résistance à la chaleur : 800°C-1200°C. Vitesse de coupe (V_c) : acier 100-400 m/min, alliage de titane 60-250 m/min, alliage d'aluminium 300-500 m/min.

Avance (f_z) : 0,04-0,40 mm/dent. Profondeur de coupe (a_p) : 0,1-20 mm. Tolérance : précision du profil $\pm 0,005$ mm, rugosité de surface $\pm 0,003$ mm. Rugosité de surface : Ra 0,05-0,25 micron.

5. Scénarios d'application

5.1 Aérospatiale

Usinage d'aubes de turbine, de cadres de fuselage et de pièces en alliage haute température. Les diamètres courants sont de 12 à 35 mm et les profondeurs de 60 à 250 mm. Une compagnie aérienne utilise un outil composite en carbure de 20 mm de diamètre pour usiner des aubes en Inconel 718, avec une vitesse de coupe de 180 m/min et une avance de 0,10 mm/dent. L'erreur de contour après usinage est inférieure à 0,003 mm, Ra de 0,08 micron, et la durée de vie de l'outil est de 220 heures, ce qui est conforme à la norme AS9100. Une résistance aux hautes températures et une grande précision sont requises, et la pression de refroidissement interne atteint 30 bars.

5.2 Industrie automobile

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Usinage de vilebrequins, d'engrenages et de pièces en acier extra-dur. Les diamètres courants sont de 25 à 60 mm et les profondeurs de 40 à 200 mm. Une entreprise de pièces automobiles utilise un outil composite en carbure de 30 mm de diamètre pour usiner des vilebrequins en acier HRC 60. La vitesse de coupe est de 250 m/min, l'avance de 0,15 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,005 mm après usinage, le Ra est de 0,15 micron, la durée de vie de l'outil est de 200 heures, la production annuelle de 400 000 pièces et le rendement est amélioré de 50 %. Pour l'usinage de matériaux à haute dureté, les avantages en termes de durée de vie et de rendement sont considérables.

5.3 Fabrication d'équipements énergétiques

Pour l'usinage des rainures d'arbres de turbine et des corps de vannes haute pression, les diamètres courants sont de 35 à 70 mm et les profondeurs de 120 à 350 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un outil composite en carbure cémenté de 45 mm de diamètre pour usiner un arbre de turbine en alliage haute température. La vitesse de coupe est de 200 m/min, l'avance de 0,12 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,005 mm après usinage, le Ra est de 0,10 micron, la durée de vie de l'outil est de 250 heures, la production annuelle est de 1 000 pièces et le rendement est amélioré de 45 %. Une résistance élevée à l'usure et des capacités d'usinage de rainures profondes sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite 25 bars .

5.4 Dispositifs médicaux

Pour l'usinage d'implants et de microdispositifs orthopédiques, les diamètres courants sont de 6 à 18 mm et les profondeurs de 15 à 60 mm. Une entreprise médicale utilise un outil composite en carbure de 10 mm de diamètre pour usiner des articulations de hanche en alliage de titane. La vitesse de coupe est de 100 m/min, l'avance de 0,06 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,002 mm après usinage, le Ra est de 0,05 micron et la durée de vie de l'outil est de 180 heures, ce qui est conforme aux normes de la FDA. Une précision et une biocompatibilité extrêmement élevées sont requises, et le revêtement DLC est couramment utilisé.

5.5 Instruments de précision

Usinage de moules de lentilles optiques et de micro-engrenages. Les diamètres courants sont de 6 à 25 mm et les profondeurs de 15 à 50 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un outil composite en carbure de 12 mm de diamètre pour usiner des moules de lentilles. Il présente une vitesse de coupe de 150 m/min, une avance de 0,08 mm/dent, une erreur de contour inférieure à 0,002 mm après usinage, un Ra de 0,07 micron, une durée de vie de 200 heures et une production annuelle de 200 000 pièces, conformément à la norme ISO 2768. Dans l'usinage de micro-haute précision, la stabilité de l'outil est essentielle.

5.6 Traitement des matériaux composites

Usinage de pièces en plastique renforcé de fibres de carbone (PRFC) et en fibre de verre, diamètre courant de 15 à 40 mm et profondeur de 20 à 100 mm. Une entreprise de matériaux composites aéronautiques utilise un outil composite en carbure de 20 mm de diamètre pour usiner des pièces d'ailes en PRFC. Vitesse de coupe : 300 m/min, avance : 0,20 mm/dent, erreur de contour après usinage : < 0,005 mm, Ra : 0,10 micron , durée de vie : 230 heures, production annuelle : 5 000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pièces, amélioration du rendement : 60 %. Haute résistance à l'usure, faible effort de coupe et système de refroidissement interne (20 bars).

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté , CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils composites en carbure cimenté , nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Que sont les micro-outils en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

Les micro-outils en carbure sont des outils de coupe de précision fabriqués en carbure cémenté de très petites dimensions. Ils sont principalement utilisés pour le micro-usinage, le micro-perçage et la fabrication de microstructures complexes. Ils sont largement utilisés dans la fabrication électronique, les dispositifs médicaux, les instruments de précision, l'aérospatiale, les systèmes microélectromécaniques (MEMS) et d'autres domaines. Leur principale caractéristique est un diamètre d'outil généralement compris entre 0,1 mm et 3 mm. Associés à une dureté élevée (HV 1800-2200) et à une excellente résistance à l'usure, ils permettent de couper efficacement des micro-pièces ou des matériaux de haute précision tels que l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), les plastiques durs et les matériaux renforcés de fibres de verre. Les micro-outils en carbure sont à base de carbure de tungstène (WC) avec ajout de cobalt (Co) comme phase liante. Ils offrent une précision élevée (tolérance $\pm 0,001$ mm) et une résistance aux vibrations élevée, et conviennent à divers procédés de micro-usinage tels que le micro-tournage, le fraisage, le perçage et la gravure. Comparés aux outils traditionnels, les micro-outils en carbure excellent dans l'usinage des micro-ouvertures (diamètre 0,1-1 mm), la qualité de surface (R_a 0,02-0,1 micron) et la stabilité de coupe, et sont particulièrement adaptés aux applications exigeant une précision et des microstructures de très haute qualité. Leur conception est très flexible, et la géométrie de la lame, le type de queue et le revêtement peuvent être personnalisés selon les exigences d'usinage. Grâce aux progrès de la technologie de micro-nano-usinage, l'outil peut être intégré à des équipements CNC de haute précision et à des systèmes assistés par laser pour optimiser les paramètres de micro-usinage.

1.2 Contexte de développement

Avec le développement rapide de la microélectronique, des implants médicaux et de la fabrication d'instruments de précision, la demande de micro-outils haute précision et longue durée de vie a considérablement augmenté. En 2025, avec la généralisation de la technologie 5G, des microcapteurs et des dispositifs biomédicaux, la position des micro-outils en carbure cémenté dans le domaine du micro-nano-usinage sera encore renforcée, favorisant l'innovation dans le raffinement des matériaux, les procédés de fabrication et le traitement de surface.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

La conception structurelle des micro-outils en carbure cémenté vise à obtenir un micro-usinage de haute précision, une excellente stabilité et de faibles vibrations. Ils adoptent généralement une structure à queue droite ultra-fine, avec une disposition de la lame à un ou plusieurs tranchants, associée à un corps de micro-outil très rigide pour répondre aux besoins du micro-usinage. Le diamètre total de l'outil varie de 0,1 mm à 3 mm. Les micro-forets ($D < 0,5$ mm) sont utilisés pour

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

l'usinage de micro-trous, les micro-fraises ($D = 0,5-2 \text{ mm}$) pour le micro-rainurage et l'usinage de contours, et les outils de micro-tournage ($D = 1-3 \text{ mm}$) pour le micro-tournage, avec une tolérance $h5$ ($0/-0,004 \text{ mm}$). La queue est une queue droite ultra-fine (diamètre $0,3-4 \text{ mm}$, longueur $20-50 \text{ mm}$), avec une tolérance $h6$ ($0/-0,006 \text{ mm}$). La longueur de la tige est personnalisée en fonction des exigences de serrage de la micro-machine- outil, avec une longueur totale de 30 à 80 mm , adaptée aux micro-CNC de haute précision ou aux équipements de micro-usinage spéciaux. La longueur de coupe effective est de 5 à 20 mm . La coupe superficielle ($5-10 \text{ mm}$) est adaptée à la micro-finition de surface, tandis que la coupe profonde ($15-20 \text{ mm}$) est adaptée à l'usinage de micro-trous profonds. Le nombre d'arêtes de coupe est de 1 à 4 , selon le diamètre et le type d'usinage : $D < 0,5 \text{ mm}$ correspond à 1 à 2 arêtes, $D > 0,5 \text{ mm}$ à 2 à 4 arêtes, et l'écartement des arêtes est $< 0,005 \text{ mm}$. L'angle d'hélice est de 5° à 30° (personnalisable). Les micro-forets sont généralement de 10° à 15° pour réduire les efforts de coupe, et les micro-fraises sont généralement de 15° à 30° pour optimiser l'évacuation des copeaux. La géométrie de la lame est personnalisée en fonction des exigences de la pièce, telles que l'angle de pointe du micro-foret (angle de 90° à 140°), le bord incurvé de la micro-fraise (rayon de $0,01$ à $0,1 \text{ mm}$) ou le bord droit de l'outil de micro-tournage. La lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes de haute précision (précision $\pm 0,001 \text{ mm}$) pour garantir un tranchant lisse ($Ra \leq 0,01 \text{ micron}$) et une erreur géométrique $< 0,002 \text{ mm}$. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre $< 2 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{kg}$, testé à $25\,000 \text{ tr/min}$) afin de réduire les vibrations lors de la micro-coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,002 \text{ mm}$). Les modèles haut de gamme sont équipés de micro canaux de refroidissement internes (diamètre $0,1-0,5 \text{ mm}$, pression $5-10 \text{ bar}$) ou de rainures à copeaux externes (largeur $0,1-0,5 \text{ mm}$) pour améliorer l'efficacité d'élimination des copeaux ($30\%-40\%$) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 400^\circ\text{C}$), ce qui les rend adaptés à l'usinage micro de haute précision.

2.2 Matériaux

Français Le matériau est principalement composé de carbure de tungstène (WC) ultrafin et de matériaux composites de cobalt (Co $6\%-10\%$), avec une granulométrie contrôlée à $0,2-0,8 \text{ micron}$ pour assurer une dureté et une ténacité élevées. Les nuances courantes incluent YG6X (teneur en cobalt 6% , dureté HV $1800-1900$, résistance à la flexion $1800-2000 \text{ MPa}$, adapté au micro-perçage et aux matériaux durs, durée de vie jusqu'à $50-80$ heures), YT05 (contenant du carbure de titane, dureté HV $1900-2000$, résistance à la chaleur 800°C , adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie jusqu'à $60-90$ heures), K10 (teneur en cobalt $6\%-8\%$, dureté HV $1700-1900$, forte anti-adhérence, spécialement pour les alliages d'aluminium et les plastiques, durée de vie jusqu'à $70-100$ heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC $20-40$, alliage d'aluminium HB $50-100$), de la conductivité thermique (acier $40-50 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, alliage d'aluminium $200-250 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) et de la température de coupe ($300-600^\circ\text{C}$). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC , $0,5$ à 1%) ou de carbure de tantale (TaC , $0,5$ à 1%) pour optimiser la résistance à l'usure et aux fissures thermiques.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

De la poudre de carbure de tungstène (WC) ultra-fine et de cobalt (Co) de très haute pureté est mélangée proportionnellement (précision $\pm 0,1\%$), la granulométrie est contrôlée entre 0,2 et 0,8 micron, et du carbure de titane (TiC, 0,5 % à 1 %) ou du carbure de niobium (NbC, 0,5 % à 1 %) est ajouté pour améliorer les performances. Un broyeur planétaire à boulets (vitesse 100-150 tr/min, durée 24-36 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation $< 0,5\%$). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la composition chimique est analysée par un spectromètre de fluorescence X (XRF), avec un écart contrôlé à $\pm 0,05\%$.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 200 à 250 MPa pour former l'ébauche de lame, d'une densité de 14,8 à 15,2 g/cm³. La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 200 à 250 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier haute résistance (dureté HRC 58-62) avec une précision de $\pm 0,01$ mm. La découpe laser et l'usinage par électro-étincelage sont utilisés pour garantir la précision du formage des micro-lames. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,05$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,3\%$).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-2} Pa) ou sous atmosphère d'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50°C par heure, 300°C à 600°C lors de la phase de préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 150-200 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 0,2-0,8 micron et répartir uniformément la microdureté (écart type < 40 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers est mesurée (HV 1800-2000).

3.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN avec une précision de faux-rond $< 0,005$ mm et une rugosité de surface $R_a \leq 0,1$ micron. La lame est usinée sur une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,001$ mm), avec une erreur de profil d'arête $< 0,002$ mm et une surface $R_a \leq 0,01$ micron. Le polissage miroir est réalisé avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,1-W0,5, avec une arête $R_a \leq 0,005$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant 0,05-0,1 A/cm²) élimine les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée (0,02-0,1 mm, angle 5°-10°) pour améliorer sa résistance à l'affaissement de l'arête, et la géométrie de la lame est calibrée par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

par procédé PVD (pression 10^{-3} Pa, température 400-500°C, vitesse de dépôt 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$). Les types de revêtement incluent TiAlN (épaisseur 1-4 microns, dureté 2800-3200 HV), AlCrN (épaisseur 1-3 microns, dureté 3000-3400 HV) ou DLC (épaisseur 0,5-1 micron, dureté 3000-3500 HV, coefficient de frottement $< 0,1$), réduisant le coefficient de frottement ($< 0,3$) et augmentant la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

durée de vie de 30% à 50%. Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, et le nanoindenteur teste la dureté et l'adhérence (>70 N), avec un écart d'épaisseur de $<0,2$ micron.

3.6 Test de l'emballage

La machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) détecte la précision du profil de la lame et l'erreur géométrique ($< 0,002$ mm), tandis que la machine d'essai d'équilibrage dynamique corrige le déséquilibre (< 2 g·mm/kg). Revêtement antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation. Gravure laser du type d'outil, du diamètre, du nombre de lames, de la marque et du numéro de lot pour garantir la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 1800-2000, revêtu 2800-3500 HV.

Résistance à la chaleur : 500°C - 800°C . Vitesse de coupe (V_c) : acier 30-150 m/min, alliage de titane 20-100 m/min, alliage d'aluminium 80-250 m/min.

Avance (f_z) : 0,005-0,05 mm/dent. Profondeur de coupe (a_p) : 0,01-2 mm. Tolérance : précision du profil $\pm 0,001$ mm, rugosité de surface $\pm 0,002$ mm. Rugosité de surface : Ra 0,02-0,1 micron.

5. Scénarios d'application

5.1 Fabrication électronique

Usinage de trous traversants et de connecteurs pour circuits imprimés, diamètre courant : 0,1-1 mm, profondeur : 0,5-5 mm. Une entreprise d'électronique utilise des micro-outils en carbure de 0,3 mm de diamètre pour percer des trous traversants. Vitesse de coupe : 100 m/min, avance : 0,01 mm/dent, tolérance de diamètre de trou après usinage : $\pm 0,001$ mm, Ra : 0,03 micron, durée de vie : 60 heures, production annuelle : 5 millions de pièces, amélioration du rendement : 40 %. Une précision élevée et une régularité des micro-trous sont requises, ainsi qu'un système de refroidissement interne (5 bars).

5.2 Dispositifs médicaux

Pour l'usinage de microcathéters et de trous d'implants, les diamètres courants sont de 0,2 à 1,5 mm et les profondeurs de 1 à 10 mm. Une entreprise médicale utilise un micro-outil en carbure de 0,5 mm de diamètre pour usiner des trous de cathéters en acier inoxydable. La vitesse de coupe est de 50 m/min, l'avance de 0,008 mm/dent, la tolérance de diamètre de trou après usinage est de $\pm 0,0005$ mm, le Ra est de 0,02 micron et la durée de vie de l'outil est de 50 heures, ce qui est conforme aux normes de la FDA. Une précision et une qualité de surface extrêmement élevées sont requises, et le revêtement DLC est couramment utilisé.

5.3 Instruments de précision

Usinage de micro-engrenages et de moules de lentilles optiques. Les diamètres courants sont de 0,5 à 2 mm et les profondeurs de 2 à 15 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un micro-outil en carbure de 1 mm de diamètre pour fraiser le profil de l'engrenage. La vitesse de coupe est de 80 m/min, l'avance de 0,01 mm/dent, l'erreur de profil après usinage est inférieure à 0,001 mm,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

le Ra est de 0,03 micron, la durée de vie de l'outil est de 70 heures et la production annuelle est de 300 000 pièces, conformément à la norme ISO 2768. Pour l'usinage de structures micro-complexes, la stabilité de l'outil est primordiale.

5.4 Aéronautique

Usinage de boîtiers de microcapteurs et de trous de connexion, diamètre courant de 0,3 à 1,2 mm, profondeur de 2 à 8 mm. Une compagnie aérienne utilise un micro-outil en carbure de 0,8 mm de diamètre pour percer des trous de capteurs en alliage de titane. Vitesse de coupe : 60 m/min, avance : 0,007 mm/dent. Après usinage, la tolérance du diamètre du trou est de $\pm 0,0008$ mm, Ra : 0,025 micron, durée de vie de l'outil : 65 heures, conformément à la norme AS9100. Résistance à la chaleur et haute précision sont requises, et la pression de refroidissement interne atteint 10 bars.

5.5 Systèmes microélectromécaniques (MEMS)

Usinage de microcanaux et de structures, diamètre courant de 0,1 à 0,8 mm, profondeur de 0,5 à 5 mm. Une entreprise de MEMS utilise un micro-outil en carbure de 0,2 mm de diamètre pour tailler des microcanaux en silicium. Vitesse de coupe : 40 m/min, avance : 0,005 mm/dent, tolérance de largeur de canal après usinage : $\pm 0,0005$ mm, Ra : 0,02 micron, durée de vie : 45 heures, production annuelle : 100 000 pièces, amélioration du rendement : 35 %. Des capacités de micro-usinage et de très haute précision sont requises, ainsi qu'un système de refroidissement interne (5 bars).

5.6 Horlogerie

Usinage de micro-engrenages et de détails de boîtiers, diamètre courant de 0,5 à 2 mm, profondeur de 1 à 10 mm. Un fabricant de montres utilise un micro-outil en carbure de 0,7 mm de diamètre pour le fraisage des engrenages. Vitesse de coupe : 70 m/min, avance : 0,008 mm/dent, erreur de contour après usinage : $< 0,001$ mm, Ra : 0,025 micron, durée de vie : 60 heures, production annuelle : 500 000 pièces, conformément aux normes horlogères haut de gamme. Finition soignée et micro-complexité sont requises, avec un système de refroidissement interne (5 bars).

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin de micro-outils en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

☎ Tél. : +86 592 5129696 ✉ E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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

appendice:

Que sont les outils de coupe revêtus de carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

Les outils de coupe revêtus de carbure sont des outils de coupe à haut rendement, dotés de revêtements haute performance appliqués sur des substrats en carbure. Ils sont largement utilisés dans l'usinage mécanique, l'aéronautique, l'automobile, la fabrication d'équipements énergétiques, la fabrication de moules, etc. Leur principale caractéristique réside dans l'amélioration significative de la dureté, de la résistance à l'usure, de la résistance à l'oxydation et de la stabilité thermique de l'outil grâce à la technologie de revêtement (comme TiN). TiAlN , AlCrN) et permet de couper efficacement une grande variété de matériaux, notamment l'acier trempé (HRC 40-60), l'acier inoxydable (HRC 20-40), les alliages de titane (HRC 30-35), la fonte et les alliages d'aluminium. Les outils de coupe revêtus de carbure sont à base de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co) ajouté comme phase liante. L'épaisseur du revêtement est généralement de 1 à 10 microns. Présentant une dureté de surface ultra-élevée (HV 3000-4000) et un faible coefficient de frottement (0,2-0,4), ils conviennent à divers procédés d'usinage tels que le tournage, le fraisage, le perçage et l'alésage. Comparés aux outils non revêtus, les outils revêtus présentent des avantages significatifs en termes de vitesse de coupe (augmentation de 30 à 60 %), de durée de vie (prolongée de 50 à 150 %) et de qualité de surface (Ra 0,05 à 0,5 micron). Ils sont particulièrement adaptés aux applications de coupe à sec, à haute efficacité et à grande vitesse. Leur conception est très flexible, et la géométrie de la lame, le type de revêtement et la structure de la tige peuvent être personnalisés en fonction des exigences de traitement. Grâce aux progrès de la technologie de fabrication intelligente, l'outil peut être intégré à un système de surveillance en temps réel pour optimiser les paramètres de coupe.

1.2 Contexte de développement

Face aux exigences croissantes de l'industrie manufacturière en matière d'efficacité de production et de durée de vie des outils, les outils de coupe revêtus de carbure sont devenus une technologie clé dans le domaine de l'usinage moderne. En 2025, avec la généralisation des matériaux légers et performants (tels que l'Inconel et les alliages de titane) dans l'aéronautique et l'automobile, les progrès des technologies de revêtement (comme les nanorevêtements et les revêtements multicouches) ont favorisé l'amélioration continue des performances des outils et permis de relever les défis des conditions d'usinage extrêmes.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

La conception structurelle des outils de coupe revêtus de carbure vise à obtenir une coupe efficace, une durabilité et une stabilité optimales. Ils sont généralement proposés avec une queue cylindrique, une queue conique ou un système de serrage mécanique, avec une disposition de l'arête de coupe à

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

un ou plusieurs tranchants, et un corps d'outil très rigide pour s'adapter à divers besoins d'usinage. Le diamètre total de l'outil varie de 3 mm à 80 mm. Les micro-outils ($D < 10$ mm) sont utilisés pour l'usinage fin, les outils moyens ($D = 10-40$ mm) pour l'usinage général, et les grands ($D > 40$ mm) pour l'usinage lourd. La tolérance est h6 ($0/-0,006$ mm). Les types de queue sont disponibles : queue cylindrique (DIN 6535 HA/HB) ou queue conique (BT40, CAT50, HSK-A63). Le diamètre de la queue correspond au diamètre de coupe, la tolérance est h6 et la longueur de la queue (80-400 mm) est personnalisée en fonction des exigences de serrage et de profondeur d'usinage de la machine-outil. La queue conique permet une transmission de couple élevée (plage de couple de 30 à 400 Nm). Sa longueur totale, comprise entre 150 et 800 mm, convient aux centres d'usinage CNC de taille moyenne (150 à 400 mm) ou aux centres d'usinage à usage intensif (500 à 800 mm). La longueur de coupe effective est comprise entre 20 et 600 mm. La coupe superficielle (20 à 100 mm) est adaptée à la finition de surface, tandis que la coupe profonde (400 à 600 mm) est adaptée à l'usinage de trous ou de rainures profonds. Le nombre d'arêtes de coupe est compris entre 2 et 12, selon le diamètre et le type d'usinage. Les petits diamètres ($D < 15$ mm) comportent 2 à 4 arêtes, tandis que les diamètres moyens et grands ($D > 15$ mm) comportent 4 à 12 arêtes. L'écartement des arêtes est inférieur à 0,01 mm. L'angle d'hélice est de 10° à 45° (personnalisable), la valeur standard étant de 15° à 30° , ce qui optimise l'évacuation des copeaux et la réduction des vibrations. Un angle de 25° à 30° est généralement utilisé pour l'usinage fin, tandis qu'un angle de 35° à 45° peut être sélectionné pour l'usinage intensif. L'arête de coupe est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm) pour garantir une arête de coupe lisse ($R_a \leq 0,02$ micron) et une erreur géométrique $< 0,005$ mm. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (balourd < 5 g·mm/kg, testé à 15 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors de la coupe à grande vitesse (amplitude $< 0,005$ mm). Les modèles haut de gamme sont équipés de canaux de refroidissement internes (diamètre 0,5-2,5 mm, pression 5-30 bar) ou de goujures externes (largeur 1-3 mm) pour améliorer l'efficacité d'évacuation des copeaux (30-50 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 700^\circ\text{C}$), adaptés à la coupe à sec ou à forte charge. L'outil serré par machine adopte une conception de lame remplaçable, et la lame et la barre d'outils sont reliées par des filetages de haute précision ou des connexions à baïonnette (tolérance 6H/6g), ce qui permet un remplacement rapide et un réaffûtage de la lame.

2.2 Matériaux

Français Le matériau est principalement un composite de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co 6%-12%), avec une granulométrie contrôlée à 0,5-2 microns pour assurer une dureté et une ténacité élevées. Les nuances courantes incluent YG8 (teneur en cobalt 8%, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 2000-2200 MPa, adapté à l'ébauche et à la fonte, durée de vie jusqu'à 100-140 heures), YT15 (contenant du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 850°C , adapté à l'acier inoxydable et aux alliages de titane, durée de vie jusqu'à 110-150 heures), K20 (teneur en cobalt 6%-8%, dureté HV 1700-1900, forte anti-adhérence, spécialement pour les alliages d'aluminium, durée de vie jusqu'à 120-160 heures). Le choix du matériau doit tenir compte de la dureté de la pièce (acier HRC 40-60, alliage d'aluminium HB 50-100), de la conductivité thermique (acier 40-50 W/ m·K, alliage d'aluminium 200-250 W/ m·K) et de la température de coupe (500-900 $^\circ\text{C}$). Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC, 0,5 à 1 %).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ou de carbure de tantale (TaC , 0,5 à 1 %) pour optimiser la résistance à l'usure et aux fissures thermiques. Les matériaux de revêtement comprennent TiN (dureté 2000-2500 HV, résistance à la chaleur 500°C), TiAlN (dureté 3000-3500 HV, résistance à la chaleur 900°C), AlCrN (dureté 3200-3800 HV, résistance à la chaleur 1100°C) et DLC (dureté 3000-4000 HV, coefficient de frottement <0,1), et l'épaisseur du revêtement est ajustée en fonction de l'application.

3. Processus de fabrication

3.1 Préparation des matières premières

Des poudres de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co) de haute pureté sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,1$ %), la granulométrie est contrôlée entre 0,5 et 2 microns, et du carbure de titane (TiC , 0,5 % à 1 %) ou du carbure de niobium (NbC , 0,5 % à 1 %) est ajouté pour améliorer les performances. Un broyeur planétaire à boulets (vitesse 50-100 tr/min, durée 24-48 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation < 1 %). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la composition chimique est analysée par un spectromètre de fluorescence X (XRF), l'écart étant contrôlé à $\pm 0,05$ %.

3.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 150 à 200 MPa pour former l'ébauche de lame, d'une densité de 14,5 à 15,2 g/cm³. La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 150 à 200 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier haute résistance (dureté HRC 50-55) avec une précision de $\pm 0,02$ mm. La découpe laser et l'usinage par électro-étincelage garantissent la précision du formage de la lame. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur < 0,1 g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope (< 0,5 %).

3.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-2} Pa) ou sous atmosphère d'hydrogène, la température est de 1400°C à 1600°C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50°C par heure, 300°C à 600°C lors de la phase de préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 100-150 MPa) est utilisée pour éliminer les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 0,5-2 microns et répartir uniformément la microdureté (écart type < 50 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers est mesurée (HV 1800-2000).

3.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN avec une précision de faux-rond < 0,01 mm et une rugosité de surface $R_a \leq 0,2$ micron. La lame est usinée sur une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,002$ mm), avec une erreur de profil d'arête < 0,005 mm et une surface $R_a \leq 0,02$ micron. Le polissage miroir avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,5-W1,0, avec une arête $R_a \leq 0,01$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant 0,1 A/cm²)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

éliminent les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée (0,1-0,2 mm, angle 5°-10°) pour améliorer sa résistance à l'affaîssement de l'arête, et la géométrie de la lame est calibrée par interféromètre laser.

3.5 Traitement de revêtement

Procédé PVD ou CVD (pression 10^{-3} Pa, température 400-600 °C, vitesse de dépôt 0,1-0,3 $\mu\text{m}/\text{h}$). Les types de revêtements incluent TiN (épaisseur 2-5 microns), TiAlN (épaisseur 3-8 microns), AlCrN (épaisseur 3-7 microns) ou DLC (épaisseur 1-3 microns), qui réduisent le coefficient de frottement ($< 0,4$) et augmentent la durée de vie de 50 à 150 %. Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, tandis que le nanoindenteur teste la dureté et l'adhérence (> 70 N), avec un écart d'épaisseur $< 0,5$ micron. Le procédé de revêtement optimise la résistance à l'oxydation et la stabilité thermique de l'outil. TiAlN et AlCrN sont particulièrement adaptés à la coupe à sec.

3.6 Tests et emballage

La MMT détecte la précision du profil de la lame et l'erreur géométrique ($< 0,01$ mm), tandis que la machine d'équilibrage dynamique corrige le déséquilibre (< 5 g·mm/kg). Revêtement antirouille ou emballage sous vide pour éviter l'oxydation. La gravure laser du type d'outil, du diamètre, du nombre de lames, du type de revêtement et du numéro de lot assure la traçabilité.

4. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 1800-2000, revêtu 3000-4000 HV.

Résistance à la chaleur : 500°C-1100°C (selon le type de revêtement). Vitesse de coupe (V_c) : acier 60-250 m/min, alliage de titane 40-180 m/min, alliage d'aluminium 100-350 m/min.

Avance (fz) : 0,05-0,30 mm/dent. Profondeur de coupe (ap) : 0,1-10 mm. Tolérance : précision du profil $\pm 0,005$ mm, rugosité de surface $\pm 0,003$ mm. Rugosité de surface : Ra 0,05-0,5 micron.

5. Scénarios d'application

5.1 Aérospatiale

Usinage de pièces de fuselage et de pales en alliage de titane haute température, diamètre courant de 10 à 30 mm, profondeur de 50 à 200 mm. Une compagnie aérienne utilise un outil en carbure revêtu de TiAlN de 20 mm de diamètre pour usiner des connecteurs en alliage de titane. Vitesse de coupe : 120 m/min, avance : 0,10 mm/dent, erreur de contour après usinage : $< 0,005$ mm, Ra : 0,1 micron, durée de vie : 150 heures, conformément à la norme AS9100. Résistance à la chaleur et haute précision sont requises, et la pression de refroidissement interne atteint 20 bars.

5.2 Industrie automobile

Usinage de cylindres et d'engrenages de moteurs, les diamètres courants sont de 20 à 50 mm et les profondeurs de 30 à 150 mm. Une entreprise de pièces automobiles utilise un outil en carbure revêtu d'AlCrN de 25 mm de diamètre pour usiner des cylindres en acier HRC 50. La vitesse de coupe est de 180 m/min, l'avance de 0,15 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,005 mm après usinage, le Ra est de 0,15 micron, la durée de vie de l'outil est de 140 heures, la production annuelle est de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

600 000 pièces et le rendement est amélioré de 40 %. Pour l'usinage de matériaux à haute dureté, l'avantage de la durée de vie du revêtement est significatif.

5.3 Fabrication d'équipements énergétiques

Usinage d'arbres de turbine et de corps de vannes. Les diamètres courants sont de 30 à 70 mm et les profondeurs de 100 à 300 mm. Un fabricant d'équipements énergétiques utilise un outil en carbure revêtu de TiAlN de 40 mm de diamètre pour usiner des arbres de turbine en Inconel. Il présente une vitesse de coupe de 150 m/min, une avance de 0,12 mm/dent, une erreur de contour inférieure à 0,005 mm après usinage, un Ra de 0,12 micron, une durée de vie de 160 heures, une production annuelle de 1 000 pièces et une amélioration du rendement de 35 %. Une résistance élevée à l'usure et des capacités d'usinage de rainures profondes sont requises, et le système de refroidissement interne nécessite 25 bars.

5.4 Fabrication de moules

Usinage d'empreintes de moules et de manchons de guidage. Les diamètres courants sont de 15 à 40 mm et les profondeurs de 20 à 100 mm. Une usine de moulage utilise un outil en carbure revêtu de TiN de 20 mm de diamètre pour fraiser les empreintes de moules. La vitesse de coupe est de 200 m/min, l'avance de 0,15 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,008 mm après usinage, le Ra est de 0,2 micron, la durée de vie de l'outil est de 130 heures, la production annuelle est de 800 jeux de moules et le rendement est augmenté de 45 %. Un rendement élevé et un formage de contours complexes sont requis, soutenus par un système de refroidissement interne (15 bars).

5.5 Instruments de précision

Usinage de moules de lentilles optiques et de micro-pièces. Les diamètres courants sont de 5 à 20 mm et les profondeurs de 10 à 50 mm. Un fabricant d'instruments de précision utilise un outil en carbure revêtu de DLC de 10 mm de diamètre pour usiner des moules de lentilles. Il présente une vitesse de coupe de 100 m/min, une avance de 0,08 mm/dent, une erreur de contour inférieure à 0,003 mm après usinage, un Ra de 0,05 micron, une durée de vie de 120 heures et une production annuelle de 400 000 pièces, conformément à la norme ISO 2768. Dans l'usinage de micro-haute précision, le revêtement réduit considérablement les vibrations.

5.6 Fabrication électronique

Usinage de dissipateurs thermiques et de connecteurs en alliage d'aluminium. Les diamètres courants sont de 10 à 30 mm et les profondeurs de 10 à 40 mm. Une entreprise d'électronique utilise un outil en carbure revêtu d'AlCrN de 15 mm de diamètre pour usiner ses dissipateurs thermiques. La vitesse de coupe est de 250 m/min, l'avance de 0,20 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,005 mm après usinage, le Ra est de 0,15 micron, la durée de vie de l'outil est de 150 heures, la production annuelle est de 800 000 pièces et le rendement est augmenté de 50 %. Un rendement et une qualité de surface élevés sont requis, et la coupe à sec est largement utilisée.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cémenté, CTIA GROUP a conçu et fabriqué un grand nombre de produits en carbure cémenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils de coupe revêtus de carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

appendice:

Que sont les couteaux chirurgicaux médicaux en carbure ?

1. Aperçu

1.1 Définition et fonction

Les instruments médico-chirurgicaux en carbure cimenté sont des outils de coupe de haute précision fabriqués à partir de carbure cimenté. Conçus pour la chirurgie, la mise en place d'implants et la découpe de biomatériaux, ils sont largement utilisés en orthopédie, neurochirurgie, dentisterie, chirurgie mini-invasive, ophtalmologie et autres domaines. Leur principale caractéristique réside dans l'association de la dureté élevée (HV 1800-2200) et de la biocompatibilité du carbure cimenté, permettant de couper efficacement des biomatériaux très résistants tels que les os (dureté HRC 20-40), les implants en alliage de titane (HRC 30-35), les polymères durs et les matériaux pour lentilles ophtalmiques. Les instruments médico-chirurgicaux en carbure cimenté sont à base de carbure de tungstène (WC), auquel du cobalt (Co) est ajouté comme phase liante. Un traitement de surface spécial garantit leur non-toxicité et leur résistance à la corrosion. Ils conviennent aux opérations chirurgicales telles que la découpe, le perçage, le fraisage, le meulage et la gravure. Comparés aux bistouris chirurgicaux traditionnels en acier inoxydable, les bistouris médicaux en carbure se distinguent par leur précision de coupe (tolérance $\pm 0,005$ mm), leur durabilité (durée de vie prolongée de 50 à 100 %) et leur qualité de surface (Ra 0,02 à 0,1 micron). Ils sont particulièrement adaptés aux situations médicales exigeant une grande précision et une utilisation prolongée. Leur conception est très flexible, et la forme de la lame, le type de manche et le revêtement peuvent être personnalisés en fonction des besoins chirurgicaux. Grâce aux progrès de la technologie médicale, cet outil peut être intégré aux systèmes chirurgicaux robotisés pour améliorer l'efficacité chirurgicale.

1.2 Contexte de développement

Avec le vieillissement de la population et le développement rapide des technologies médicales, la demande d'implants de haute précision et d'instruments chirurgicaux mini-invasifs a explosé. En 2025, avec la popularisation des implants imprimés en 3D, de la médecine personnalisée et de la chirurgie robotisée, les instruments chirurgicaux en carbure cimenté sont devenus des outils essentiels pour la fabrication de dispositifs médicaux grâce à leurs excellentes performances de coupe et à leur biosécurité, favorisant ainsi l'innovation dans l'optimisation des matériaux, le traitement de surface et les technologies de traitement aseptique.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristiques structurelles

La conception structurelle des instruments médico-chirurgicaux en carbure cimenté vise à obtenir une coupe de haute précision, la stérilité et la compatibilité humaine. Ils adoptent généralement des manches droits ultra-fins ou des structures de manche personnalisées, avec des lames à un ou plusieurs tranchants, associées à des corps de micro-couteaux très rigides pour répondre aux besoins chirurgicaux. Le diamètre total de l'outil varie de 0,5 mm à 10 mm. Les micro-outils ($D < 2$ mm) sont utilisés en neurochirurgie et en dentisterie, les outils de taille moyenne ($D = 2-6$ 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

conviennent à l'orthopédie et à la pose d'implants, et les grands ($D > 6 \text{ mm}$) sont utilisés pour la coupe osseuse lourde. La tolérance est h5 ($0/-0,004 \text{ mm}$). Le type de manche est un manche droit ultra-fin (diamètre 1-12 mm, longueur 30-100 mm) ou un manche médical conforme à la norme ISO 13485, avec une tolérance h6 ($0/-0,006 \text{ mm}$). La longueur du manche est personnalisée en fonction des exigences de serrage de l'instrument chirurgical. Sa longueur totale, comprise entre 50 et 150 mm, convient aux robots chirurgicaux et aux instruments manuels. La longueur de coupe effective est comprise entre 5 et 50 mm. Une coupe superficielle (5-20 mm) est adaptée aux tissus mous ou à la micro-coupe, tandis qu'une coupe profonde (30-50 mm) est adaptée au traitement des os ou des implants. Le nombre d'arêtes de coupe est compris entre 1 et 6, selon le diamètre et le type d'intervention. $D < 2 \text{ mm}$ correspond à 1 ou 2 arêtes, $D > 2 \text{ mm}$ à 2 ou 6 arêtes, et l'écartement des arêtes est inférieur à 0,005 mm. L'angle de la lame est généralement compris entre 15° et 30° (personnalisable) afin d'optimiser la force de coupe et de limiter les lésions tissulaires. La lame est usinée par une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,001 \text{ mm}$) pour garantir des arêtes de coupe lisses ($R_a \leq 0,01 \text{ micron}$) et des erreurs géométriques inférieures à 0,002 mm. Le corps de la fraise est équilibré dynamiquement (déséquilibre $< 2 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{kg}$, vitesse d'essai 20 000 tr/min) afin de réduire les vibrations lors de la micro-coupe (amplitude $< 0,002 \text{ mm}$). Les modèles haut de gamme sont équipés de micro-canaux d'irrigation internes (diamètre 0,1-0,5 mm, pression 2-5 bars) ou d'un système d'évacuation des copeaux externe pour améliorer l'évacuation des copeaux (efficacité 30-40 %) et la gestion thermique (température de la zone de coupe $< 200^\circ \text{C}$) afin de garantir un environnement chirurgical stérile. La surface de l'outil est électropolie et revêtue d'un revêtement stérile conformément à la norme de biocompatibilité ISO 10993.

2.2 Matériaux

Français Le matériau est principalement composé de carbure de tungstène ultrafin (WC) et de matériaux composites de cobalt (Co 6%-8%), avec une granulométrie contrôlée à 0,2-0,8 micron pour assurer une dureté élevée et une biosécurité. Les nuances courantes incluent YG6X (teneur en cobalt 6%, dureté HV 1800-1900, résistance à la flexion 1800-2000 MPa, adapté aux os et aux alliages de titane, durée de vie jusqu'à 50-80 heures), YT05 (contenant du carbure de titane, dureté HV 1900-2000, résistance à la chaleur 800°C , adapté aux polymères durs, durée de vie jusqu'à 60-90 heures), K10 (teneur en cobalt 6%, dureté HV 1700-1900, forte résistance à la corrosion, spécialement conçu pour la coupe des tissus mous, durée de vie jusqu'à 70-100 heures). Le choix des matériaux doit tenir compte de la dureté des biomatériaux (os HRC 20-40, alliage de titane HRC 30-35), de la conductivité thermique (os 0,3-0,5 W/ m·K, alliage de titane 15-20 W/ m·K) et de la température de coupe ($100-300^\circ \text{C}$). La teneur en cobalt est strictement contrôlée afin de réduire la toxicité pour l'organisme. Certains modèles ajoutent des traces de carbure de niobium (NbC, 0,5 %-1 %) pour optimiser la résistance à l'usure. Le revêtement de surface peut être en TiN de qualité médicale (dureté 2 500 HV) ou en ZrN (dureté 2 300 HV) pour garantir la résistance à la corrosion et la biocompatibilité.

3. Types

Les instruments médico-chirurgicaux en carbure sont classés en plusieurs catégories selon le type d'intervention et les exigences de traitement. Voici les catégories les plus complètes et leurs

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

caractéristiques, basées sur les informations de l'ensemble du réseau et les pratiques du secteur :

Micro-foret

conception à double spirale ou à pointe unique , spécialement utilisée pour le perçage du crâne en neurochirurgie, le traitement des micro-implants et la perforation cornéenne ophtalmique, l'angle de coupe est de 10° à 15°, adapté aux micro-trous de haute précision (tolérance $\pm 0,0005$ mm), tels que les trous de vis de fixation du crâne ou les canaux chirurgicaux ophtalmiques.

Lame de scie à os

La longueur est de 20 à 50 mm, la lame est de conception multi-dents (6 à 12 dents), utilisée pour l'ostéotomie orthopédique, la chirurgie plastique et la correction de la colonne vertébrale, l'angle de la lame est de 20° à 30°, convient à la coupe des os durs (HRC 20-40) et est équipée d'un canal de rinçage pour réduire les dommages thermiques.

Fraise dentaire

Le diamètre est de 1 à 3 mm, la lame est à tête sphérique, cylindrique ou conique, spécialement utilisée pour la sculpture des racines, le traitement des implants et la finition des couronnes, l'angle de coupe est de 15° à 25° et la surface $Ra \leq 0,02$ microns assure la compatibilité des tissus gingivaux.

Couteau de coupe minimalement invasif

Le diamètre est de 0,5 à 1,5 mm, la lame est de conception à simple ou double tranchant, adaptée à la coupe des tissus mous mini-invasive, au traitement des microcanaux et à la chirurgie endoscopique, l'angle de la lame est de 10° à 20°, optimisé pour une invasion minimale, et le revêtement ZrN est couramment utilisé.

Outils d'usinage d'implants

Le diamètre est de 3 à 8 mm, la lame présente une géométrie personnalisée (lame étagée ou courbe) et est spécialement conçue pour la finition des implants en alliage de titane, en acier inoxydable ou en PEEK. L'angle de coupe est de 15° à 30° et la tolérance est de $\pm 0,002$ mm pour répondre aux besoins médicaux spécifiques.

Outils de meulage

Diamètre 4-10 mm, avec conception de lame multigrains ou sphérique, utilisé pour le meulage de surface osseuse, le traitement d'orthèses et le prétraitement de remplacement articulaire, vitesse de coupe 20-50 m/min, surface $Ra \leq 0,05$ microns, équipé d'un revêtement hautement résistant à l'usure.

Scalpel ophtalmique

Le diamètre est de 0,1 à 1 mm, la lame est une conception ultra-fine à un seul tranchant ou à micro-anneau, spécialement utilisée pour la coupe de la cataracte, la transplantation cornéenne et la chirurgie vitreuse, l'angle de coupe est de 5° à 15° et la lame $Ra \leq 0,005$ microns, garantissant des dommages tissulaires minimes.

coupeur vasculaire

Le diamètre est de 0,3 à 1,2 mm, la lame est une lame droite ultra-fine ou une conception en forme de crochet, adaptée à la chirurgie cardiovasculaire et à la transplantation de pontage vasculaire, l'angle de coupe est de 10° à 20°, la surface est spécialement revêtue d'un revêtement antithrombotique et la tolérance est de $\pm 0,001$ mm.

Couteau à découper les tissus

Le diamètre est de 1 à 4 mm, la lame est une tête sphérique ou une conception plate, spécialement utilisée pour la chirurgie plastique, la mise en forme des tissus mous et la résection tumorale, l'angle

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de coupe est de 15° à 25°, optimisant la force de coupe et la protection des tissus, et le revêtement TiN est couramment utilisé.

Foret à vis osseuse

Le diamètre est de 1,5 à 3,5 mm, la lame est de conception en spirale ou étagée, spécialement utilisée pour le pré-perçage des vis de fixation orthopédique et la fixation interne des fractures, l'angle de coupe est de 15° à 20°, la profondeur est contrôlée à 10-30 mm, et il est très durable.

Outils arthroscopiques

Le diamètre est de 0,8 à 2 mm, la lame est une micro-tête sphérique ou une conception en forme de bêche, adaptée à l'arthroscopie du genou et de l'épaule, l'angle de coupe est de 10° à 20°, équipée d'un canal de rinçage et la tolérance est de $\pm 0,0005$ mm.

Scalpel pour la colonne vertébrale

Le diamètre est de 2 à 6 mm et la lame est une conception multi-lames ou dentelée personnalisée, spécialement utilisée pour la fusion vertébrale et la discectomie, avec un angle de coupe de 20° à 30°, adaptée aux matériaux vertébraux durs et une durée de vie allant jusqu'à 60 à 90 heures.

4. Processus de fabrication

4.1 Préparation des matières premières

De la poudre de carbure de tungstène (WC) et de cobalt (Co) de très haute pureté de qualité médicale sont mélangées proportionnellement (précision $\pm 0,05$ %), la granulométrie est contrôlée entre 0,2 et 0,8 micron, et du carbure de titane (TiC, 0,5 % à 1 %) ou du carbure de niobium (NbC, 0,5 % à 1 %) est ajouté pour améliorer les performances. Un broyeur à boulets haute énergie (vitesse 100-150 tr/min, durée 24-36 heures) est utilisé pour le mélange humide, et de l'éthanol de qualité médicale est ajouté comme dispersant pour assurer l'uniformité de la poudre (ségrégation $< 0,5$ %). La distribution granulométrique est détectée par un granulomètre laser, et la teneur en métaux lourds est analysée par spectrométrie de masse à plasma inductif (ICP-MS). L'écart est contrôlé à $\pm 0,01$ %, ce qui est conforme aux normes de la FDA.

4.2 Pressage

La presse hydraulique applique une pression de 200 à 250 MPa pour former l'ébauche de lame, d'une densité de 14,8 à 15,2 g/cm³. La technologie de pressage isostatique à froid (CIP, pression de 200 à 250 MPa, durée de 10 à 15 minutes) est utilisée pour améliorer l'uniformité. Le moule est en acier inoxydable médical (dureté HRC 50-55) avec une précision de $\pm 0,01$ mm. La découpe laser et l'usinage par électro-étincelage sont utilisés pour garantir la précision du formage de la lame. La densité de l'ébauche est mesurée par la méthode d'Archimède (erreur $< 0,05$ g/cm³) et la porosité interne est vérifiée au microscope ($< 0,3$ %).

4.3 Frittage à haute température

Dans un four sous vide (pression 10^{-3} Pa) ou sous atmosphère d'argon, la température est de 1 400 °C à 1 600 °C pendant 10 à 12 heures, puis elle est augmentée par paliers (50 °C par heure, 300 °C à 600 °C lors de la phase de préchauffage) pour éliminer les matières volatiles. La technologie de pressage isostatique à chaud (HIP, pression 150-200 MPa) est utilisée pour éliminer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

les microdéfauts, contrôler la granulométrie à 0,2-0,8 micron et répartir uniformément la microdureté (écart type < 40 HV). La microstructure est analysée par microscopie électronique à balayage (MEB) et la dureté Vickers est testée (HV 1 800-2 000).

4.4 Post-traitement

Le tournage extérieur est réalisé à l'aide d'outils CBN avec une précision de faux-rond < 0,005 mm et une rugosité de surface $Ra \leq 0,1$ micron. La lame est usinée sur une rectifieuse CNC cinq axes ultra-précise (précision $\pm 0,001$ mm), avec une erreur de profil d'arête < 0,002 mm et une surface $Ra \leq 0,01$ micron. Le polissage miroir est réalisé avec des abrasifs diamantés de granulométrie W0,1-W0,5, avec une arête $Ra \leq 0,005$ micron, et le polissage électrolytique (densité de courant 0,05-0,1 A/cm²) élimine les bavures microscopiques. La pointe de la lame est chanfreinée (0,02-0,1 mm, angle 10°-15°) pour améliorer sa résistance à l'affaissement de l'arête, et la géométrie de la lame est calibrée par interféromètre laser.

4.5 Traitement de revêtement

Le revêtement est obtenu par un procédé PVD de qualité médicale (pression 10^{-3} Pa, température 350-450 °C, vitesse de dépôt 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$). Les types de revêtements disponibles incluent TiN (épaisseur 1-3 microns, dureté 2500 HV) ou ZrN (épaisseur 1-2 microns, dureté 2300 HV), garantissant résistance à la corrosion et biocompatibilité, réduisant le coefficient de frottement (<0,3) et augmentant la durée de vie de 30 à 50 %. Le MEB vérifie l'uniformité du revêtement, et la nanoindentation teste la dureté et l'adhérence (>70 N), avec un écart d'épaisseur <0,2 micron. Le revêtement est stérile et conforme à la norme ISO 10993.

4.6 Tests et emballage

La précision du profil de l'outil et son erreur géométrique (< 0,002 mm) sont vérifiées par une machine à mesurer tridimensionnelle (MMT), et le déséquilibre (< 2 g·mm/kg) est corrigé par une machine d'équilibrage dynamique. Des tests de stérilité (SAL 10^{-6}) sont effectués et une stérilisation par rayons gamma ou à l'oxyde d'éthylène est utilisée. L'emballage sous vide prévient l'oxydation et la contamination. Le type d'outil, le diamètre, le nombre de lames, le numéro de lot et le marquage de stérilité sont gravés au laser pour garantir la traçabilité.

5. Paramètres techniques

Dureté : substrat HV 1800-2000, revêtu 2300-2500 HV.

Résistance à la chaleur : 300°C-800°C. Vitesse de coupe (Vc) : os 20-80 m/min, alliage de titane 30-120 m/min, polymère 50-150 m/min.

Avance (fz) : 0,005-0,03 mm/dent. Profondeur de coupe (ap) : 0,01-3 mm. Tolérance : précision du profil $\pm 0,005$ mm, rugosité de surface $\pm 0,002$ mm. Rugosité de surface : Ra 0,02-0,1 micron.

6. Scénarios d'application

6.1 Chirurgie orthopédique

Usinage d'implants de hanche et de plaques osseuses, diamètre courant de 2 à 6 mm, profondeur de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10 à 30 mm. Une entreprise orthopédique utilise un outil médical en carbure de 4 mm de diamètre pour la découpe d'articulations de hanche en alliage de titane. Vitesse de coupe : 60 m/min, avance : 0,01 mm/dent, erreur de contour après usinage : < 0,002 mm, Ra : 0,03 micron, durée de vie : 70 heures, conformément aux normes FDA. Une précision et une durabilité élevées sont requises, et des canaux de rinçage (3 bars) sont pris en charge.

6.2 Neurochirurgie

Traitement de forages crâniens et de micro-implants, diamètre courant de 0,5 à 2 mm, profondeur de 5 à 15 mm. Un hôpital de neurochirurgie utilise un outil médical en carbure de 1 mm de diamètre pour percer le crâne. Vitesse de coupe : 40 m/min, avance : 0,008 mm/dent, tolérance de diamètre de trou : $\pm 0,0005$ mm après usinage, Ra : 0,02 micron, durée de vie de l'outil : 50 heures, répondant aux exigences de haute précision. Miniaturisation et stérilité sont requises, et le revêtement TiN est couramment utilisé.

6.3 Chirurgie dentaire

Pour le traitement des racines dentaires et des implants, les diamètres courants sont de 1 à 3 mm et les profondeurs de 5 à 20 mm. Un cabinet dentaire utilise un outil médical en carbure de 2 mm de diamètre pour la coupe des racines dentaires. La vitesse de coupe est de 50 m/min, l'avance de 0,01 mm/dent, l'erreur de contour est inférieure à 0,001 mm après traitement, le Ra est de 0,025 micron et la durée de vie de l'outil est de 60 heures, conformément aux normes de biocompatibilité. Une finition et une résistance à la corrosion élevées sont requises.

6.4 Chirurgie mini-invasive

Traitement des tissus mous et des microcanaux, diamètre courant de 0,5 à 1,5 mm, profondeur de 2 à 10 mm. Un centre de chirurgie mini-invasive utilise des outils médicaux en carbure de 0,8 mm de diamètre pour la coupe des tissus mous. Vitesse de coupe : 30 m/min, avance : 0,005 mm/dent, tolérance de largeur de coupe : $\pm 0,0005$ mm après traitement, Ra : 0,02 micron, durée de vie de l'outil : 45 heures, pour minimiser les traumatismes. Une haute précision et un environnement stérile sont requis.

6.5 Fabrication d'implants

Usinage d'implants personnalisés en alliage de titane, diamètre courant de 3 à 8 mm et profondeur de 15 à 40 mm. Un fabricant d'implants utilise des outils médicaux en carbure de 5 mm de diamètre pour usiner des implants crâniens. Vitesse de coupe : 70 m/min, avance : 0,012 mm/dent, erreur de contour après usinage : < 0,002 mm, Ra : 0,03 micron, durée de vie : 80 heures, production annuelle : 100 000 pièces, conformément à la norme ISO 13485. Durabilité et biosécurité élevées requises.

6.6 Chirurgie orthopédique

Usinage d'orthèses osseuses, diamètre courant de 4 à 10 mm, profondeur de 20 à 50 mm. Une entreprise d'équipements orthopédiques utilise un outil médical en carbure de 6 mm de diamètre pour la découpe de brackets osseux. Vitesse de coupe : 60 m/min, avance : 0,015 mm/dent, erreur de contour après usinage : < 0,003 mm, Ra : 0,04 micron, durée de vie : 75 heures, production

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

annuelle : 50 000 pièces, prise en charge du fonctionnement d'un robot chirurgical. Une stabilité élevée et une conception à rinçage (5 bars) sont requises.

6.7 Chirurgie ophtalmique

Pour le traitement des lentilles ophtalmiques et des cornées, les diamètres courants sont de 0,1 à 1 mm et les profondeurs de 1 à 5 mm. Un hôpital ophtalmologique utilise un outil médical en carbure de 0,5 mm de diamètre pour la découpe des cataractes. La vitesse de coupe est de 20 m/min, l'avance de 0,003 mm/dent, la tolérance de coupe est de $\pm 0,0003$ mm après traitement, le Ra est de 0,01 micron et la durée de vie de l'outil est de 40 heures, répondant ainsi aux exigences de haute précision. L'ultra-miniaturisation et la stérilité sont des exigences essentielles.

6.8 Chirurgie cardiovasculaire

Pour le traitement des stents et pontages vasculaires, les diamètres courants sont de 0,3 à 1,2 mm et les profondeurs de 2 à 8 mm. Un centre cardiovasculaire utilise des outils médicaux en carbure de 0,8 mm de diamètre pour la coupe des vaisseaux sanguins. Leur vitesse de coupe est de 30 m/min, leur avance de 0,005 mm/dent, leur tolérance de coupe de $\pm 0,0005$ mm après traitement, leur Ra de 0,015 micron et leur durée de vie de 50 heures garantissent des propriétés antithrombotiques.

Fort de 30 ans d'expérience dans la fabrication de carbure cimenté, CTIA GROUP a conçu et produit un grand nombre de produits en carbure cimenté hautes performances, répondant aux besoins exigeants de dizaines de milliers de clients des secteurs de la mécanique, de l'aéronautique, de l'énergie, des mines, de l'électronique, de l'automobile, de la chimie, de l'armée et d'autres industries. Si vous avez besoin d'outils médico-chirurgicaux en carbure cimenté, nous sommes prêts à vous fournir des services personnalisés précis, efficaces et de haute qualité !

Contactez-nous pour obtenir les dernières informations du secteur et personnaliser des solutions exclusives :

📞 Tél. : +86 592 5129696 📧 E-mail : sales@chinatungsten.com

🌐 Site Web : www.tungstenpowder.com 📱 Compte public WeChat : « China Tungsten Online »

»



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Table des matières

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

Chapitre 11 Outils de coupe en carbure et traitement

11.0 Outils de coupe en carbure et traitement

11.0.1 Qu'est-ce que la coupe ?

11.0.2 Que sont les outils de coupe en carbure ?

11.0.3 Quels sont les outils de coupe en carbure cimenté ?

(1) Outils de tournage en carbure (

2) Fraises en carbure (3) Forets en carbure (4) Outils d'alésage en carbure (5) Alésoirs en carbure (6) Broches en carbure (7) Outils de formage en carbure (8) Outils de coupe spéciaux en carbure (8.1)

Outils de coupe en nano carbure

(8.2) Outils en matériaux composites en carbure (8.3) Outils en matériaux super durs en carbure

(8.4) Micro-outils en carbure (8.5) Outils en matériaux super durs pour la coupe PCD (8.6) Outils de coupe revêtus de carbure cimenté (8.7) Outils de coupe pour le traitement des matériaux

composites aéronautiques en carbure cimenté (tels que le revêtement des ailes) (8.8) Outils de

coupe pour cartes de microcircuits électroniques en carbure cimenté (tels que les substrats de

puces) (8.9) Outils de perçage de micro-trous pour dispositifs médicaux (tels que les implants

orthopédiques) (8.10) Outils médico-chirurgicaux en carbure cimenté 11.0.4 Quels sont les

traitements objets adaptés aux outils de coupe en carbure cimenté ?

11.1 Paramètres géométriques des outils en carbure cimenté

11.1.1 Paramètres géométriques et optimisation de pointe

11.1.2 Performances des outils revêtus (PVD, CVD)

11.2 Performances de coupe

11.2.1 Découpe à grande vitesse (> 1000 m/min)

11.2.2 Résistance à l'usure et durée de vie de l'outil (> 10 heures)

11.3 Objet de traitement

11.3.1 Acier, fonte et matériaux difficiles à usiner (alliages de Ti)

11.3.2 Matériaux composites et matériaux extra-durs

11.4 Analyse des défaillances et amélioration

11.4.1 Usure de l'outil (cratère, usure en flanc)

11.4.2 Stratégie d'optimisation (taille des grains, épaisseur du revêtement)

Références

appendice:

Brève introduction au procédé de revêtement des outils en carbure

Comparaison des technologies d'outils revêtus PVD et CVD

Comparaison de la technologie du carbure cimenté et des matériaux extra-durs

Paramètres géométriques et optimisation des outils en carbure cimenté

Outils de tournage en carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 513:2012 Classification et application des matériaux durs et des outils coupants à revêtement dur

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

GB/T 2073-2013

Outils de tournage en carbure Outils de tournage en carbure

GB/T 1800.1-2009 Tolérances et ajustements Partie 1 : Principes de base et termes connexes des zones de tolérance

Tolérances et ajustements

— Partie 1 : Principes des zones de tolérance et termes associés

GB/T 2072-2006 Spécifications techniques pour le carbure cimenté

Conditions techniques des alliages durs

GB/T 5319-2017 Paramètres géométriques et angles des outils de tournage

Paramètres géométriques et angles des outils de tournage

ISO 513:2012 Classification et application des matériaux durs et des outils coupants à revêtement dur

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

Fraises en carbure

Que sont les fraises en carbure ?

Qu'est-ce qu'une fraise à surfacer en carbure ?

Qu'est-ce qu'une fraise à boulets en carbure ?

Qu'est-ce qu'une fraise à profiler en carbure ?

Qu'est-ce qu'une fraise d'ébauche en carbure ?

Qu'est-ce qu'une fraise de finition en carbure ?

Quelles sont les normes chinoises pour les fraises en carbure ?

Fraise circulaire en carbure JB/T 8776-2018 pour le travail du bois

Fraises circulaires en carbure pour le travail du bois

Qu'est-ce qu'une fraise à arc en carbure pour le travail du bois ?

JB/T 7966.1-2014 Fraise à emboutir Partie 1 : Généralités

Fraises à mouler — Partie 1 : Règles générales

Qu'est-ce qu'une fraise à matrice en carbure ?

Fraise à fileter en carbure monobloc JB/T 13685-2020

Fraises à fileter en carbure intégral

Qu'est-ce qu'une fraise à fileter en carbure monobloc ?

Fraises à queue ondulée arrière en carbure monobloc JB/T 11744-2013

Fraises à queue à bord ondulé arrière en carbure intégral

fraise à bord ondulé arrière en carbure monobloc ?

Fraise conique à dents hélicoïdales en carbure JB/T 7972-1999

Fraises à queue conique hélicoïdale en carbure

Qu'est-ce qu'une fraise à queue conique hélicoïdale en carbure ?

Fraise à queue droite à engrenage hélicoïdal en carbure JB/T 7971-1999

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

Fraises à queue droite hélicoïdales en carbure

Qu'est-ce qu'une fraise à queue droite hélicoïdale en carbure ?

Fraise à lame de scie GB/T 6120-2012

Scies à refendre

Fraise à lame de scie en carbure monobloc GB/T 14301-2008

Scies à refendre en carbure intégral

Qu'est-ce qu'une fraise à lame de scie en carbure monobloc ?

Fraise à rainurer en T en carbure GB/T 10948-2006

Fraises à rainurer en T en carbure

Qu'est-ce qu'une fraise à rainure en T en carbure ?

GB/T 25992-2010 Dimensions des fraises à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc et en céramique

Dimensions du carbure intégral et de la céramique

Fraises à queue sphérique à queue droite

Qu'est-ce qu'une fraise à bout sphérique à queue droite en carbure monobloc ?

GB/T 16770.1-2008 Fraises à queue cylindrique en carbure monobloc Partie 1 : Types et dimensions

Fraises à queue cylindrique en carbure intégral — Partie 1 : Types et dimensions

Qu'est-ce qu'une fraise à queue droite en carbure monobloc ?

GB/T 16456.3-2008 Fraises à dents hélicoïdales en carbure Partie 3 : Types et dimensions des fraises à queue conique Morse

Fraises hélicoïdales en carbure — Partie 3 : Fraises à queue conique Morse — Types et dimensions

Qu'est-ce qu'une fraise à dents hélicoïdales en carbure ?

Qu'est-ce qu'une fraise à queue conique Morse en carbure ?

GB/T 16456.1-2008 Fraises à dents hélicoïdales en carbure Partie 1 : Exigences générales

Fraises hélicoïdales en carbure — Partie 1 : Exigences générales

GB/T 16456.2-2008 Fraises à dents hélicoïdales en carbure Partie 2 : 7 :24 Fraises à queue conique Types et dimensions

Fraises hélicoïdales en carbure — Partie 2 : Fraises à queue conique 7:24 — Types et dimensions

Qu'est-ce qu'une fraise à queue conique à dents hélicoïdales en carbure ?

ISO 15641:2001 Outils de fraisage pour usinage à grande vitesse — Exigences de sécurité

Fraises pour usinage à grande vitesse — Exigences de sécurité

Forets en carbure

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

Qu'est-ce qu'un foret à trou profond en carbure ?

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

Que sont les outils d'alésage en carbure ?

Qu'est-ce qu'un outil d'alésage à un seul tranchant en carbure ?

Qu'est-ce qu'un outil d'alésage multi-arêtes en carbure ?

Qu'est-ce qu'un outil d'alésage réglable en carbure ?

Que sont les alésoirs en carbure ?

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 alésoir à bord droit en carbure ?
Qu'est-ce qu'un alésoir à bord hélicoïdal en carbure ?
Qu'est-ce qu'un alésoir réglable en carbure ?
Que sont les broches en carbure ?
Que sont les outils de formage en carbure ?
Qu'est-ce qu'un outil de tournage de formage en carbure ?
Qu'est-ce qu'une fraise à profiler en carbure ?
Que sont les outils de coupe en nano carbure ?
Que sont les outils composites en carbure ?
Que sont les micro-outils en carbure ?
Que sont les outils de coupe revêtus de carbure ?
Que sont les couteaux chirurgicaux médicaux en carbure ?

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