

Carburo cementado de tungsteno

Exploración integral de propiedades físicas y químicas, procesos y aplicaciones (XI)

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Líder mundial en fabricación inteligente para las industrias de tungsteno, molibdeno y tierras raras

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

INTRODUCCIÓN A CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, una subsidiaria de propiedad absoluta con personalidad jurídica independiente establecida por CHINATUNGSTEN ONLINE, se dedica a promover el diseño y la fabricación inteligentes, integrados y flexibles de materiales de tungsteno y molibdeno en la era de Internet industrial. CHINATUNGSTEN ONLINE, fundada en 1997 con www.chinatungsten.com como punto de partida (el primer sitio web de productos de tungsteno de primer nivel de China), es la empresa de comercio electrónico pionera del país centrada en las industrias del tungsteno, el molibdeno y las tierras raras. Aprovechando casi tres décadas de profunda experiencia en los campos del tungsteno y el molibdeno, CTIA GROUP hereda las excepcionales capacidades de diseño y fabricación, los servicios superiores y la reputación comercial global de su empresa matriz, convirtiéndose en un proveedor integral de soluciones de aplicación en los campos de productos químicos de tungsteno, metales de tungsteno, carburos cementados, aleaciones de alta densidad, molibdeno y aleaciones de molibdeno.

En los últimos 30 años, CHINATUNGSTEN ONLINE ha creado más de 200 sitios web profesionales multilingües sobre tungsteno y molibdeno, disponibles en más de 20 idiomas, con más de un millón de páginas de noticias, precios y análisis de mercado relacionados con el tungsteno, el molibdeno y las tierras raras. Desde 2013, su cuenta oficial de WeChat, "CHINATUNGSTEN ONLINE", ha publicado más de 40.000 artículos, atendiendo a casi 100.000 seguidores y proporcionando información gratuita a diario a cientos de miles de profesionales del sector en todo el mundo. Con miles de millones de visitas acumuladas a su sitio web y cuenta oficial, se ha convertido en un centro de información global y de referencia para las industrias del tungsteno, el molibdeno y las tierras raras, ofreciendo noticias multilingües, rendimiento de productos, precios de mercado y servicios de tendencias del mercado 24/7.

Basándose en la tecnología y la experiencia de CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP se centra en satisfacer las necesidades personalizadas de los clientes. Utilizando tecnología de IA, diseña y produce en colaboración con los clientes productos de tungsteno y molibdeno con composiciones químicas y propiedades físicas específicas (como tamaño de partícula, densidad, dureza, resistencia, dimensiones y tolerancias). Ofrece servicios integrales de proceso completo que abarcan desde la apertura del molde y la producción de prueba hasta el acabado, el embalaje y la logística. Durante los últimos 30 años, CHINATUNGSTEN ONLINE ha proporcionado servicios de I+D, diseño y producción para más de 500.000 tipos de productos de tungsteno y molibdeno a más de 130.000 clientes en todo el mundo, sentando las bases para una fabricación personalizada, flexible e inteligente. Con esta base, CTIA GROUP profundiza aún más en la fabricación inteligente y la innovación integrada de materiales de tungsteno y molibdeno en la era del Internet Industrial.

El Dr. Hanns y su equipo en CTIA GROUP, con más de 30 años de experiencia en la industria, han escrito y publicado análisis de conocimiento, tecnología, precios del tungsteno y tendencias del mercado relacionados con el tungsteno, el molibdeno y las tierras raras, compartiéndolos libremente con la industria del tungsteno. El Dr. Han, con más de 30 años de experiencia desde la década de 1990 en el comercio electrónico y el comercio internacional de productos de tungsteno y molibdeno, así como en el diseño y la fabricación de carburos cementados y aleaciones de alta densidad, es un reconocido experto en productos de tungsteno y molibdeno tanto a nivel nacional como internacional. Fiel al principio de proporcionar información profesional y de alta calidad a la industria, el equipo de CTIA GROUP escribe continuamente documentos de investigación técnica, artículos e informes de la industria basados en las prácticas de producción y las necesidades de los clientes del mercado, obteniendo amplios elogios en la industria. Estos logros brindan un sólido respaldo a la innovación tecnológica, la promoción de productos y los intercambios industriales de CTIA GROUP, impulsándolo a convertirse en un líder en la fabricación de productos de tungsteno y molibdeno y en servicios de información a nivel mundial.



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

Parte 4: Clasificación y campos de aplicación del carburo cementado

Capítulo 11 Herramientas de corte y procesamiento de carburo

11.0 Herramientas de corte y procesamiento de carburo

11.0.1 ¿Qué es el corte?

El corte es un proceso fundamental en el mecanizado, que consiste en utilizar herramientas para eliminar las piezas sobrantes del material de la pieza de trabajo y obtener la forma, el tamaño y la calidad superficial deseados. El corte se basa en el afilado de la herramienta y la deformación plástica o frágil del material, eliminando gradualmente la capa de material mediante fuerzas como cizallamiento, extrusión y fricción. El proceso de corte suele implicar un movimiento de rotación o avance a alta velocidad, que produce virutas y presenta diferentes propiedades físicas en el corte de metales (como acero y fundición) o de materiales no metálicos (como materiales compuestos). La eficiencia y la calidad del corte se ven directamente afectadas por el material de la herramienta, los parámetros geométricos, los parámetros de corte (como velocidad, avance y profundidad de corte), y la dureza y tenacidad del material de la pieza. Como herramienta clave en el proceso de corte, las herramientas de corte de carburo cementado han mejorado significativamente la precisión, la eficiencia y la vida útil del corte gracias a su excelente rendimiento, convirtiéndose en un componente indispensable de la fabricación moderna.

1.0.2 ¿Qué son las herramientas de corte de carburo?

Las herramientas de corte de carburo cementado son herramientas de corte fabricadas con carburo cementado como material base. Se utilizan ampliamente en el corte de metales, el procesamiento de materiales no metálicos y el procesamiento de materiales compuestos. Gracias a sus excelentes propiedades mecánicas y durabilidad, se han convertido en un equipo esencial en la fabricación moderna. El carburo cementado es un material compuesto compuesto por carburo (como carburo de tungsteno WC, carburo de titanio TiC, carburo de tantalio TaC) como fase dura y metal (como cobalto Co, níquel Ni) como fase aglutinante mediante procesos avanzados de pulvimetalurgia (que incluyen mezcla, prensado, sinterización y posprocesamiento). Su proceso de preparación implica la dosificación precisa de materias primas de alta pureza, la sinterización a alta temperatura (1400-1600 °C) al vacío o en atmósfera inerte, y el mecanizado de precisión o tratamiento de recubrimiento para garantizar la uniformidad del material y la estabilidad del rendimiento. Su excelente rendimiento se refleja principalmente en los siguientes aspectos clave:

Excelente rendimiento de las herramientas de corte de carburo cementado: alta dureza

El rango de dureza es HV 1600-2500 (± 30), que es mucho más alto que el acero de alta velocidad tradicional (HV 800-900) o el acero para herramientas (HV 600-700). Esta característica le permite cortar de manera efectiva una variedad de materiales de alta dureza, incluidos aceros (como acero al carbono Q235 HV 150-250 ± 10 , acero de aleación 40Cr HV 200-400 ± 10), fundiciones (como

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fundición gris HT200 HV 150-220±10, hierro dúctil QT500 HV 200-250±10), así como materiales difíciles de mecanizar (como aleación de titanio TC4 HV 300-400±10, aleación a base de níquel Inconel 718 HV 400-500±10) y materiales superduros (como diamante policristalino PCD HV >5000±50). Esta alta dureza mantiene la estabilidad del filo durante el corte a alta velocidad, evita la desalineación geométrica debido al desgaste y extiende significativamente la vida útil de la herramienta (hasta cientos de horas en condiciones de trabajo adecuadas), lo que la hace particularmente adecuada para tareas de corte continuo y de alta precisión.

Excelente rendimiento de las herramientas de corte de carburo cementado: excelente tenacidad

La tenacidad a la fractura (K_{IC}) es de 10-20 MPa·m^{1/2} (±0,5), y se consigue un equilibrio dinámico entre dureza y tenacidad ajustando el contenido de cobalto de la fase aglutinante (normalmente 6%-20%) o añadiendo trazas de tierras raras (como Ce, La). Esta propiedad de tenacidad le permite soportar impactos de alta frecuencia, vibraciones y tensiones térmicas durante el proceso de corte, especialmente en cortes intermitentes (como el mecanizado de fundición o piezas de trabajo con huecos), mecanizados de carga pesada (como la perforación de agujeros profundos) o condiciones de carga intermitente. Además, optimizando el tamaño de grano (0,5-2 μm) o introduciendo carburos a escala nanométrica, se mejora aún más la resistencia del material a la propagación de grietas, lo que garantiza la integridad estructural de la herramienta en condiciones de trabajo complejas.

Excelente rendimiento de las herramientas de corte de carburo cementado: resistencia al desgaste

La tasa de desgaste es inferior a 0,05 mm³ / N·m (±0,01 mm³ / N·m). Gracias a la alta dureza de los carburos y a la lubricación de la fase aglutinante, la herramienta puede mantener su rendimiento de corte después de un corte a largo plazo (vida útil >10 horas ± 1 hora, hasta 50-100 horas dependiendo de las condiciones de trabajo). Especialmente en condiciones de alta velocidad (1000-2000 m/min ± 10 m/min) o que contienen partículas duras (como abrasivos de muelas abrasivas, polvo cerámico), las herramientas de carburo cementado muestran una excelente resistencia al desgaste. Esta resistencia al desgaste proviene del efecto sinérgico de la estructura densa dentro del material (densidad >98% del valor teórico) y el recubrimiento de la superficie (como TiN, Al₂O₃, TiAlN, espesor 5-25 μm), y se utiliza ampliamente en escenarios de procesamiento de alta carga, como fresado, taladrado y torneado de alta velocidad.

Excelente rendimiento de las herramientas de corte de carburo cementado: otras ventajas de rendimiento

Además de las características principales mencionadas, las herramientas de corte de carburo cementado también presentan una excelente resistencia a la oxidación a alta temperatura (800-1000 °C), un bajo coeficiente de expansión térmica (aproximadamente 4,5-6,0 × 10⁻⁶ / °C) y una buena estabilidad química (resistencia a la corrosión ácida y alcalina). Estas características le permiten adaptarse a diversos entornos de procesamiento, desde temperatura ambiente hasta altas temperaturas (300-800 °C), y son especialmente adecuadas para la industria aeroespacial (como el

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

procesamiento de aleaciones de titanio), la industria energética (como las cuchillas de aleación de alta temperatura) y la industria electrónica (como el micromaquinado de alta precisión). Además, gracias a las modernas tecnologías de fabricación (como el prensado isostático en caliente HIP y el tratamiento superficial por láser), se reducen eficazmente los defectos internos de la herramienta (como poros y grietas), lo que mejora aún más su vida útil y fiabilidad.

Aplicación y desarrollo de herramientas de corte de carburo cementado

El rango de aplicación de las herramientas de corte de carburo cementado abarca una variedad de piezas, como acero, fundición, materiales difíciles de procesar, metales no ferrosos, materiales compuestos y materiales superduros. Se utilizan ampliamente en la fabricación de automóviles (como piezas de motores), la industria aeroespacial (como discos de turbinas), el procesamiento de moldes (como matrices de estampación) y la industria electrónica (como el taladrado de circuitos impresos). Con el avance de la Industria 4.0 y la fabricación inteligente, las herramientas de carburo cementado están evolucionando hacia un alto rendimiento (como nanorrecubrimientos y materiales con gradientes) e inteligencia, como sensores integrados para monitorear el desgaste u optimizar los parámetros de corte mediante IA para satisfacer una mayor eficiencia y satisfacer necesidades más complejas.

11.0.3 ¿Qué son las herramientas de corte de carburo cementado?

Las herramientas de corte de carburo son herramientas de corte fabricadas con carburo cementado como material base. Gracias a su excelente dureza, resistencia al desgaste y tenacidad, se utilizan ampliamente en el corte de metales y el procesamiento de otros materiales. Estas herramientas satisfacen diversas necesidades, desde el procesamiento general hasta las condiciones de trabajo complejas y de alta precisión, mediante un diseño preciso, procesos avanzados de tratamiento de superficies y optimización geométrica. A continuación, se presentan los principales tipos de herramientas de corte de carburo, sus características, escenarios de aplicación y tecnologías de optimización, que se explican de forma completa y detallada, en combinación con las prácticas de la industria y los últimos avances tecnológicos.

(1) Las herramientas de torneado de carburo

son esenciales en el mecanizado de tornos. Mediante la rotación de la pieza y su avance axial o radial, se completa el corte del círculo exterior, el agujero interior, la cara final, el escalón, la rosca y los contornos complejos. Las herramientas de torneado de carburo suelen estar fabricadas con materiales de alta dureza (como YG6, YG8, YT15, YT30). El cuerpo de la herramienta incluye carburo sólido, hojas de carburo soldadas o estructuras de hojas reemplazables para satisfacer los diferentes requisitos de mecanizado. El ángulo de ataque de la herramienta (5° - $15^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$) y el ángulo de retroceso (6° - 12°) están optimizados geométricamente con precisión para reducir la fuerza de corte y la resistencia a la viruta, mejorando así la eficiencia de corte. El ángulo de retroceso secundario (1° - 3°) y el chaflán del filo (0,1-0,2 mm) mejoran aún más la resistencia al astillado. La tecnología de recubrimiento de superficies se utiliza ampliamente, como el recubrimiento PVD (TiN, TiCN, espesor 2-5 μm) y el recubrimiento CVD (Al_2O_3 , TiAlN, espesor 5-25 $\mu\text{m} \pm 0,1$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm), que mejora significativamente la resistencia al calor (hasta 1000°C), la resistencia al desgaste y la resistencia a la oxidación. Durante el proceso de corte, la herramienta de torneado debe soportar la carga estable de corte continuo o el impacto de corte intermitente. La vida útil es generalmente de 10 a 20 horas (± 1 hora), y la precisión puede alcanzar $<0,01\text{ mm}$ ($\pm 0,001\text{ mm}$), lo que es adecuado para el procesamiento de piezas de alta precisión. Sus características técnicas incluyen velocidad de corte $100\text{-}500\text{ m/min}$ ($\pm 10\text{ m/min}$), dureza HV $1800\text{-}2200$, tenacidad a la fractura $12\text{-}18\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, tasa de desgaste $<0,05\text{ mm}^3 / \text{N}\cdot\text{m}$. Se utiliza ampliamente en la industria automotriz para procesar cigüeñales, árboles de levas y bielas, fabricación de moldes, torneado de precisión de cavidades de moldes y matrices de estampación, y procesamiento de piezas de aviación, círculos exteriores de aleación de titanio y piezas de aleación de aluminio.

(2) Fresas de carburo: Las fresas se utilizan para el corte a alta velocidad con múltiples

cuchillas en una fresadora. Son adecuadas para mecanizar planos, ranuras, escalones, lados y superficies curvas complejas. Son las herramientas principales de los centros de mecanizado multieje. Las fresas de carburo incluyen fresas de extremo, fresas de planear, fresas de extremo esférico y fresas de perfil. Las calidades más utilizadas incluyen YG10 (alta tenacidad, adecuada para corte intermitente), YT30 (alta resistencia al calor, adecuada para condiciones de alta temperatura) e YW2 (excelente rendimiento general). Las fresas de extremo son principalmente estructuras de carburo sólido con 2-4 cuchillas y un diámetro de 3-20 mm. Son adecuadas para agujeros y ranuras de diámetro pequeño y mecanizado de precisión. Las fresas de planear tienen diámetros mayores (50-200 mm) y utilizan cuchillas reemplazables o diseños integrales. Tienen de 4 a 12 cuchillas y son adecuadas para el fresado plano de áreas grandes. Las fresas de punta esférica y de perfil se utilizan para superficies curvas complejas y mecanizado de moldes. La optimización geométrica incluye un ángulo de hélice ($30^{\circ}\text{-}45^{\circ} \pm 1^{\circ}$) para mejorar la descarga de viruta, un ángulo de ataque positivo ($5^{\circ}\text{-}10^{\circ}$) para reducir la fuerza de corte y un ángulo R (0,5-2 mm) para mejorar la resistencia del filo. Recubrimiento CVD (como TiAlN). El recubrimiento de Al_2O_3 (espesor: $10\text{-}25\text{ }\mu\text{m}$) o PVD (como CrN (espesor: $2\text{-}5\text{ }\mu\text{m}$)) proporciona resistencia a la temperatura (hasta 1100°C) y protección contra el desgaste. Velocidad de corte: $200\text{-}1000\text{ m/min}$, vida útil: 5-15 horas, precisión: $<0,02\text{ mm}$. Sus características técnicas son: dureza HV: $1700\text{-}2100$, tenacidad a la fractura: $14\text{-}20\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, alta resistencia al impacto. Sus principales aplicaciones incluyen el procesamiento aeroespacial de láminas de aleación de aluminio y componentes de aleación de titanio, el fresado de superficies complejas y matrices de estampación en la industria del molde, y el mecanizado de piezas ranuradas y perfiles de engranajes.

(3) Brocas de carburo.

Las brocas de carburo se utilizan para taladrar, reemplazando las brocas tradicionales de acero de alta velocidad y son adecuadas para taladrar agujeros profundos, agujeros de diámetro pequeño y materiales multicapa. Las brocas helicoidales son de uso general, utilizando YG6X (estructura nanocrystalina, dureza HV $1900\text{-}2000$), con un ángulo de hélice de $25^{\circ}\text{-}35^{\circ} \pm 1^{\circ}$, y pueden taladrar agujeros con un diámetro de 5-50 mm, adecuadas para taladrado de uso general; las brocas para agujeros profundos (como las brocas cañón) utilizan YW1, con una relación longitud-diámetro de hasta 100:1, equipadas con canales de refrigeración internos para reducir la acumulación de calor y

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la eliminación de viruta, adecuadas para el procesamiento de agujeros profundos (como >100 mm); las brocas escalonadas utilizan un diseño de hoja multicapa, que puede procesar agujeros escalonados de diferentes diámetros a la vez, y son ampliamente utilizadas en moldes y piezas mecánicas. Recubrimiento de PVD (como TiN, El recubrimiento de TiCN (espesor 10-15 μm) o CVD (diamante, espesor 5-10 μm) mejora la resistencia al desgaste y a las altas temperaturas, velocidad de corte 50-300 m/min, vida útil 10-30 horas, precisión <0,01 mm. Sus características técnicas incluyen dureza HV 1800-2200, resistencia al desgaste <0,03 mm³/N·m, buena resistencia a altas temperaturas (hasta 900 °C), ampliamente utilizado en la perforación de piezas de automoción (como bloques de cilindros, bielas), procesamiento de placas PCB de componentes electrónicos y perforación de agujeros profundos de piezas estructurales de aviación (como juntas de alas). La clave para la optimización es agregar un recubrimiento autolubrificante (como MoS₂) para reducir la fricción y optimizar el diseño de la ranura de la viruta para evitar obstrucciones.

(4) Herramientas de mandrinado de carburo

Las herramientas de mandrinado se utilizan para expandir o ajustar con precisión los diámetros de los agujeros existentes. Las herramientas de mandrinado de carburo son en su mayoría ajustables, integrales o reemplazables. Las herramientas de mandrinado de desbaste utilizan YG8 (alta tenacidad, HV 1700-1900), con una profundidad de corte de 1-5 mm, adecuada para desbaste rápido, y un rango de diámetro de herramienta de 20-150 mm; las herramientas de mandrinado de precisión utilizan YT5 (dureza HV 1750-1850), con una profundidad de corte de 0,1-0,5 mm y una precisión de <0,005 mm, adecuada para el procesamiento de agujeros de alta precisión. La geometría de la herramienta incluye un ángulo de ataque de 5°-10° (se puede utilizar un ángulo de ataque negativo para mandrinado de desbaste), un ángulo de retroceso secundario de 2°-5° y un ángulo de relajación del filo de corte (0,2°-0,5°). El recubrimiento CVD (como Al₂O₃, espesor 10-20 μm) o PVD (como TiAlN) mejora la resistencia térmica y el acabado superficial. La velocidad de corte es de 100-400 m/min, la vida útil es de 15-25 horas y las características técnicas son una tenacidad a la fractura de 12-16 MPa·m^{1/2} y una rugosidad superficial Ra <0,4 μm . Las principales aplicaciones incluyen el mandrinado fino de bloques de cilindros de motor (precisión del diámetro del cilindro <0,01 mm), el procesamiento de orificios internos de piezas hidráulicas (como el cuerpo de la bomba) y el mandrinado de precisión de moldes (como la matriz de punzonado).

(5) Escariadores de carburo (Escariadores)

Los escariadores se utilizan para acabar el diámetro del agujero, mejorando la redondez, la tolerancia y el acabado superficial, y son adecuados para la producción en masa y los requisitos de alta precisión. Los escariadores de máquina utilizan YG6 (dureza HV 1800-2000), con un rango de diámetro de 5-50 mm, 4-8 hojas y una longitud de hoja de 1,5-2 veces el diámetro; los escariadores ajustables utilizan YT 15, con un rango de ajuste de $\pm 0,02$ mm, que es adecuado para el ajuste fino del diámetro del agujero y el procesamiento de múltiples especificaciones. El diseño geométrico incluye hojas rectas o espirales (ángulo de hélice 5°-10°), ángulo de ataque 5°-8°, recubrimiento de PVD (como TiCN, espesor 10-15 μm) o recubrimiento de CVD (como Al₂O₃) para mejorar la resistencia al desgaste y antiadherencia. Velocidad de corte 20-100 m/min, vida útil 20-40 horas, precisión <0,002 mm, sus características técnicas incluyen dureza HV 1800-2100, resistencia al

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

desgaste $<0,02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, ampliamente utilizado en el acabado de orificios de cojinetes (redondez $<0,005 \text{ mm}$), orificios de ejes de transmisión de automóviles y piezas de instrumentos de precisión (como orificios para herramientas de medición).

(6) Brochas de carburo:

Las brochas se utilizan para brochado y son adecuadas para la producción en masa de chaveteros, formas de dientes, cremalleras y contornos complejos. Las brochas circulares utilizan YW2 (fuerte resistencia al calor, HV 1750-2000), con un diámetro de 10-100 mm, 10-20 dientes y una altura de diente progresiva (0,1-0,5 mm/diente); las brochas planas utilizan YG10, con un ancho de 20-100 mm y 15-30 dientes, adecuadas para brochado plano. La optimización geométrica incluye un ángulo de ataque de 5° - 10° , una profundidad de ranura de viruta de 2-5 mm, un recubrimiento de CVD (como TiAlN, espesor de 15-20 μm) o un recubrimiento de PVD (como CrN) para mejorar la resistencia al impacto y al calor. La velocidad de corte es de 10-50 m/min, la vida útil es de 10-20 horas y la precisión es $<0,01 \text{ mm}$. Sus características técnicas son una tenacidad a la fractura de 14-18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ y una excelente resistencia al impacto. Sus principales aplicaciones incluyen el brochado de chaveteros de engranajes (módulos 1-5), el embutido de dientes en piezas estructurales de aviación (como conectores de fuselaje) y el embutido de moldes (como matrices de punzonado).

(7) Herramientas de conformado de carburo:

Las herramientas de conformado se utilizan para procesar formas específicas, como perfiles de dientes, superficies curvas o contornos especiales, y se utilizan ampliamente en el mecanizado CNC multieje. La fresa de perfil de diente utiliza YT30 (buena resistencia al calor, HV 1600-1800), que procesa engranajes con un módulo de 1-10, y el diámetro de la herramienta es de 50-200 mm; la fresa de superficie curva utiliza YW1A, y el procesamiento complejo de superficies curvas requiere un enlace de 5 ejes, y el radio de la herramienta es de 5-50 mm. El diseño geométrico incluye cuchillas de conformado (R 0,1-2 mm), ángulos de relajación ($0,1^{\circ}$ - $0,5^{\circ}$) y estructuras de múltiples cuchillas (3-6 cuchillas). Los recubrimientos PVD (como CrN, espesor 15-25 μm) o recubrimientos CVD (como TiAlN) proporcionan resistencia al desgaste y protección contra altas temperaturas. La velocidad de corte es de 50-200 m/min, la vida útil es de 5-15 horas, la precisión es $<0,02 \text{ mm}$, sus características técnicas incluyen dureza HV 1700-2000, resistencia al desgaste $<0,04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, ampliamente utilizado en la formación de engranajes automotrices (módulo 2-8), procesamiento de superficies de piezas de precisión (como carcasas de teléfonos móviles) y fabricación de palas de aviación (como palas de turbinas).

(8) Herramientas de corte de carburo especiales.

Las herramientas de corte de carburo especiales están diseñadas para condiciones de trabajo específicas, incluyendo herramientas compuestas, herramientas para materiales superduros y microherramientas. Las herramientas compuestas utilizan YG6X (nanocristalino, HV 1900-2100), se requiere un diseño de baja temperatura para procesar CFRP, el diámetro de la herramienta es de 6-20 mm, el número de cuchillas es de 2-4; las herramientas para materiales superduros cortan PCD, utilizan recubrimiento CVD (como diamante, espesor 5-10 μm), el diámetro de la herramienta es de 3-15 mm; el diámetro de la microherramienta es $<1 \text{ mm}$, se utiliza nanocarburo (grano $<0,5 \mu\text{m}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

y la precisión es $<0,005$ mm. La velocidad de corte es de 100-500 m/min, la vida útil es de 5-10 horas, sus características técnicas incluyen dureza HV 1800-2200, excelente resistencia a altas temperaturas (hasta 1000°C), resistencia al desgaste $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, y es ampliamente utilizado en el procesamiento de materiales compuestos de aviación (como revestimientos de alas), placas de microcircuitos electrónicos (como sustratos de chips) y perforación de microagujeros de dispositivos médicos (como implantes ortopédicos).

(8.1) Herramientas de corte de nanocarbuo.

Las herramientas de corte de nanocarbuo utilizan carburo de nanogrado (como YG6X, YW1) con un tamaño de grano inferior a $0,5 \mu\text{m}$ y emplean tecnología de sinterización de nanopolvo para mejorar la densidad y la dureza del material. El diseño geométrico de la herramienta incluye un ángulo de ataque de 5° - 10° y un ángulo de hélice de 30° - 40° . El recubrimiento PVD (como TiN, El TiAlN (espesor de $5\text{-}10 \mu\text{m}$) mejora la resistencia al desgaste y a las altas temperaturas. La velocidad de corte es de 200-600 m/min, la vida útil es de 8-15 horas y la precisión es $<0,01$ mm. Sus características técnicas incluyen dureza HV 2000-2300, tenacidad a la fractura $15\text{-}20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ y resistencia al desgaste $<0,02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de moldes de alta precisión, el acabado de piezas de automoción y el ajuste fino de piezas estructurales de aviación.

(8.2) Herramientas de compuestos de carburo

Las herramientas de compuestos de carburo están diseñadas para mecanizar plásticos reforzados con fibra de carbono (CFRP, HV 200-300) y plásticos reforzados con fibra de vidrio (GFRP). Están hechas de YG6X (estructura nanocristalina, HV 1900-2100) o materiales compuestos dopados con partículas de SiC . El diámetro de la herramienta es de 6-20 mm y el número de cuchillas es de 2-4. La optimización geométrica incluye un ángulo de ataque negativo (de -5° a 0°) y un filo dentado . El recubrimiento de CVD (como diamante, espesor $5\text{-}15 \mu\text{m}$) proporciona capacidad de corte a baja temperatura, velocidad de corte 100-300 m/min, vida útil 5-10 horas y precisión $<0,02$ mm. Sus características técnicas incluyen excelente resistencia a altas temperaturas (hasta 900°C) y resistencia al desgaste $<0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de compuestos de aviación (como revestimientos de alas), fabricación de palas de turbinas eólicas y moldeo de equipos deportivos.

(8.3) Herramientas de material superduro de carburo cementado

Las herramientas de material superduro de carburo cementado están diseñadas para cortar diamante policristalino (PCD, HV >5000) y nitruro de boro cúbico (CBN, HV 4000-5000). Usan YG6X como sustrato, con recubrimiento CVD (como diamante, espesor $5\text{-}10 \mu\text{m}$) o partículas de CBN para mejorar el filo. El diámetro de la herramienta es de 3-15 mm y el número de cuchillas es de 1-3. El diseño geométrico incluye un ángulo de ataque de 0° - 5° y un ángulo de relajación ($0,1^{\circ}$ - $0,3^{\circ}$), una velocidad de corte de 50-200 m/min, una vida útil de 5-12 horas y una precisión de $<0,005$ mm. Sus características técnicas incluyen dureza HV 2200-2500, resistencia al desgaste $<0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ y alta resistencia a altas temperaturas (hasta 1100°C). Se utiliza ampliamente en el acabado de moldes de carburo cementado, el corte de productos cerámicos y el procesamiento de piedras preciosas.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(8.4) Microherramientas de carburo Las

microherramientas de carburo son adecuadas para el mecanizado a nivel micrométrico. Están hechas de nanocarburo (grano $<0,5 \mu\text{m}$), con un diámetro de herramienta $<1 \text{ mm}$, una longitud de cuchilla de $1-5 \text{ mm}$ y $1-2$ cuchillas. La optimización geométrica incluye un ángulo de ataque de $5^\circ-15^\circ$ y un ángulo de microhélice ($20^\circ-30^\circ$). El recubrimiento de PVD (como CrN, espesor $2-5 \mu\text{m}$) mejora la resistencia al desgaste y la antiadherencia. Velocidad de corte $100-500 \text{ m/min}$, vida útil $5-10$ horas, precisión $<0,005 \text{ mm}$. Sus características técnicas incluyen dureza HV $2000-2300$, tenacidad a la fractura $12-15 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, resistencia al desgaste $<0,02 \text{ mm}^3 / \text{N}\cdot\text{m}$. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de placas de microcircuitos electrónicos (como sustratos de chips), perforación de microagujeros en dispositivos médicos (como implantes ortopédicos) y fabricación de sistemas microelectromecánicos (MEMS).

(8.5) Corte de PCD con herramientas de material superduro

El corte de PCD con herramientas de material superduro es una aplicación especial de las herramientas de material superduro de carburo cementado. Utiliza un sustrato YG6X y aplica un recubrimiento de diamante CVD (espesor $5-10 \mu\text{m}$), un diámetro de herramienta de $3-12 \text{ mm}$ y $1-2$ cuchillas. El diseño geométrico incluye un ángulo de ataque cero (0°) y un filo pulido, una velocidad de corte de $50-150 \text{ m/min}$, una vida útil de $5-10$ horas y una precisión de $<0,005 \text{ mm}$. Sus características técnicas incluyen dureza HV $2200-2500$, resistencia al desgaste $<0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ y excelente resistencia a altas temperaturas (hasta 1200°C). Se utiliza ampliamente en el reafileado de herramientas de PCD, el reavivado de moldes de carburo cementado y la fabricación de herramientas de corte de alta precisión.

(8.6) Herramientas de corte recubiertas de carburo Las herramientas de corte recubiertas de carburo

están recubiertas con varios recubrimientos (como TiN, TiCN, Al_2O_3 , TiAlN (espesor $5-25 \mu\text{m}$) mediante tecnología PVD o CVD. Son adecuados para procesar diversos materiales. Entre los tipos de herramientas se incluyen torneados, fresas y brocas. La selección del recubrimiento se ajusta según el material de la pieza. Por ejemplo, El TiAlN es adecuado para acero de alta temperatura, mientras que el Al_2O_3 es adecuado para fundición. Su velocidad de corte es de 100 a 800 m/min , su vida útil es de 10 a 30 horas y su precisión es $<0,01 \text{ mm}$. Sus características técnicas incluyen dureza HV $1800-2300$, resistencia al desgaste $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ y resistencia a la oxidación hasta 1000°C . Se utiliza ampliamente en el procesamiento en masa de piezas de automoción, el corte de aleaciones de titanio para aviación y el acabado de moldes.

(8.7) Herramientas de corte de carburo para el mecanizado de materiales compuestos de aviación (como revestimientos de alas)

Esta herramienta está diseñada específicamente para materiales compuestos de aviación (como CFRP, HV $200-300$). Utiliza una matriz YG6X, dopada con partículas de diamante, un diámetro de herramienta de $6-15 \text{ mm}$ y $2-4$ hojas. El diseño geométrico incluye bordes dentados y ángulos de ataque negativos (de -5° a 0°), recubrimiento de diamante CVD (espesor $10-15 \mu\text{m}$) para reducir el

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

daño térmico, velocidad de corte 100-300 m/min, vida útil 5-10 horas y precisión $<0,02$ mm. Sus características técnicas incluyen resistencia a altas temperaturas (hasta 900°C) y resistencia al desgaste $<0,03\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Se utiliza ampliamente en el corte de precisión de revestimientos de alas, paneles de fuselaje y piezas estructurales de aviación.

(8.8) Herramienta de corte de placa de microcircuito electrónico de carburo cementado (tal como sustrato de chip)

Esta herramienta de microcorte está hecha de carburo nanocementado, con un diámetro de herramienta de 0,2-1 mm, una longitud de cuchilla de 1-3 mm y 1-2 cuchillas. El diseño geométrico incluye un ángulo de ataque de 5° - 10° y un ángulo de microhélice (20° - 30°). El recubrimiento de PVD (tal como CrN, espesor $2\text{-}5\text{ }\mu\text{m}$) mejora la resistencia al desgaste. La velocidad de corte es de 100-400 m/min, la vida útil es de 5-10 horas y la precisión es $<0,005$ mm. Sus características técnicas incluyen dureza HV 2000-2300 y resistencia al desgaste $<0,02\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Es ampliamente utilizada en el procesamiento de microagujeros de sustrato de chip, taladrado de placas de circuito y fabricación fina de componentes electrónicos.

(8.9) Herramientas para la perforación de microagujeros de dispositivos médicos (p. ej. implantes ortopédicos)

Esta herramienta está hecha de nano-carburo, con un diámetro de herramienta de 0,5-2 mm, una longitud de hoja de 2-5 mm y 1-2 hojas. El diseño geométrico incluye un ángulo de ataque de 10° - 15° y un borde pulido. El recubrimiento de PVD (p. ej. TiN, espesor $2\text{-}5\text{ }\mu\text{m}$) garantiza biocompatibilidad, una velocidad de corte de 50-200 m/min, una vida útil de 5-15 horas y una precisión de $<0,005$ mm. Sus características técnicas incluyen dureza HV 2000-2200, tenacidad a la fractura $12\text{-}15\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ y resistencia al desgaste $<0,02\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Se usa ampliamente en la perforación de microagujeros de implantes ortopédicos, procesamiento de herramientas dentales y acabado de dispositivos médicos.

(8.10) Herramientas médicas quirúrgicas de carburo

Las herramientas médicas quirúrgicas de carburo están hechas de nano-carburo ultrafino (tal como YG6X), con una longitud de herramienta de 30-50 mm, un espesor de hoja de 0.1-0.3 mm, y una hoja. El diseño geométrico incluye un borde de hoja ultrafino ($R < 0.01\text{ mm}$) y un ángulo de ataque de 15° - 20° . El recubrimiento de PVD (tal como TiN, espesor $1\text{-}3\text{ }\mu\text{m}$) proporciona resistencia a la corrosión y biocompatibilidad. La velocidad de corte es de 10-50 m/min (manual o mecánico de baja velocidad), la vida útil es de 20-50 operaciones, y la precisión es <0.01 mm. Sus características técnicas incluyen dureza HV 2000-2300 y resistencia al desgaste $<0.01\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$. Es ampliamente utilizado en corte de tejido blando, cirugía plástica ósea, y fabricación de herramientas quirúrgicas mínimamente invasivas.

Las herramientas de corte de carburo se utilizan ampliamente en la fabricación de automóviles, la industria aeroespacial, el procesamiento de moldes y la electrónica gracias a su diversidad y alto rendimiento. Se seleccionan diferentes tipos de herramientas según el material de la pieza (como acero, fundición, aleación de titanio) y los requisitos de procesamiento (como precisión y velocidad),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

con grados adecuados (como las series YG, YT e YW). Su vida útil se prolonga mediante recubrimientos (como TiN , Al₂O₃), optimización geométrica (como ángulo de hélice y ángulo de ataque) y tecnología de refrigeración (como canales de refrigeración internos).

Tabla de herramientas de corte de carburo cementado

cuchillos tipo	Calificaciones típicas	Dureza (HV)	Tenacidad a la fractura (MPa·m ^{1/2})	Velocidad de corte (m/min)	Exactitud (milímetros)	vida (Hora)	Principales escenarios de aplicación
herramienta de torneado	YG6, YT15	1800-2200	12-18	100-500	<0,01	10-20	Ejes de automoción, acabado de moldes
Fresa	YG10, YT30	1700-2100	14-20	200-1000	<0,02	5-15	Piel aeroespacial, superficie del molde
perforar	YG6X, YW1	1800-2200	12-16	50-300	<0,01	10-30	de orificios para automóviles , perforación de PCB
Herramienta de mandrilado	YG8, YT5	1700-1850	12-16	100-400	<0,005	15-25	de cilindros , procesamiento de piezas hidráulicas
Escariador	YG6, YT15	1800-2100	12-16	20-100	<0,002	20-40	Procesamiento de orificios de cojinetes y ejes de transmisión
Broche	YW2, YG10	1750-2000	14-18	10-50	<0,01	10-20	Chavetero de engranajes, engranaje de aviación
Herramientas de conformado	YT30, YW1A	1600-2000	14-18	50-200	<0,02	5-15	Engranajes de automóviles, palas de aviación
Herramientas especiales	YG6X	1900-2100	12-16	100-500	<0,005	5-10	Materiales compuestos, micromecanizado

11.0.4 ¿Cuáles son los objetos de procesamiento adecuados para herramientas de corte de carburo cementado?

Gracias a su excelente dureza, resistencia al desgaste y tenacidad, las herramientas de corte de carburo cementado pueden procesar eficientemente diversos objetos, tanto metálicos como no metálicos, mostrando ventajas significativas en áreas como alta dureza, procesamiento complejo y ultraprecisión. Estas herramientas tienen una amplia gama de aplicaciones y una gran adaptabilidad, satisfaciendo las necesidades de procesamiento, desde materiales comunes hasta condiciones extremas. A continuación, se detallan los objetos de procesamiento adecuados para las herramientas de corte de carburo cementado, considerando las propiedades físicas de los materiales, los requisitos específicos de procesamiento y las aplicaciones reales en diferentes industrias.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(1) Aceros

El acero es el objeto de procesamiento más común de las herramientas de corte de carburo, incluyendo acero al carbono, acero aleado y acero inoxidable. El acero al carbono (como Q235, dureza HV 150-250) tiene buena maquinabilidad y es adecuado para el mecanizado de desbaste y acabado general; el acero aleado (como 40Cr, dureza HV 200-300) contiene elementos de aleación como cromo y níquel, tiene una mayor dureza y requiere mayor resistencia al calor durante el corte; el acero inoxidable (como 304, dureza HV 150-250) es propenso a la adhesión de viruta debido a su alta tenacidad y viscosidad, lo que aumenta la dificultad de corte. Por esta razón, el mecanizado generalmente adopta una velocidad de corte de 100-400 m/min, una velocidad de avance de 0,1-0,3 mm/r y una profundidad de corte de 1-5 mm, y se utilizan recubrimientos antiadherentes y resistentes al calor (como TiAlN) para reducir la adhesión y la acumulación de calor. Los grados YT15 e YT30 son ideales gracias a su excelente resistencia al calor y a la oxidación. Se utilizan ampliamente en la industria automotriz para procesar cigüeñales y engranajes, componentes de ejes en la fabricación mecánica y estructuras de acero en la construcción. Sin embargo, durante el proceso de corte es frecuente la acumulación de calor y el recrecimiento del filo, por lo que es necesario abordar estos problemas optimizando el uso del refrigerante y ajustando la geometría de la herramienta.

(2) Hierros fundidos

El hierro fundido es otro objeto importante de mecanizado, incluyendo la fundición gris (como HT200, dureza HV 150-220), la fundición dúctil (como QT500, dureza HV 200-250) y la fundición maleable. Estos materiales son conocidos por su fragilidad, y las virutas se rompen fácilmente durante el corte. Gracias a su alta dureza, las herramientas de carburo cementado pueden abordar eficazmente las necesidades de mecanizado de la rugosidad superficial y los defectos internos de la fundición (como agujeros o poros). Normalmente, se utilizan parámetros de velocidad de corte de 150-500 m/min, velocidad de avance de 0,2-0,5 mm/r y profundidad de corte de 2-6 mm. Especialmente en el corte intermitente, es necesario asegurar una herramienta de alta tenacidad. Los grados YG6 e YG8 son los preferidos por su buen equilibrio entre tenacidad y dureza, y su excelente resistencia al impacto. Se utilizan ampliamente en el mecanizado y la fabricación de bloques de cilindros de motor, discos de freno y piezas fundidas para cuerpos de bombas. Sin embargo, los agujeros de arena y los puntos duros en las piezas fundidas pueden provocar roturas en el filo de la herramienta, lo que debe reducirse ajustando los parámetros de corte y optimizando las estrategias de mecanizado.

(3) Materiales difíciles de mecanizar

Los materiales difíciles de mecanizar incluyen principalmente aleaciones de titanio (como TC4, dureza HV 300-400), aleaciones a base de níquel (como Inconel 718, dureza HV 400-500) y aleaciones de alta temperatura. Estos materiales son ampliamente utilizados en el campo aeroespacial. Su alta resistencia, alta tenacidad y baja conductividad térmica hacen que sea fácil generar altas temperaturas durante el corte y causar adhesión en la superficie de la pieza de trabajo, aumentando la dificultad del procesamiento. Por esta razón, el procesamiento generalmente adopta

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

los parámetros de velocidad de corte 20-100 m/min, velocidad de avance 0,05-0,2 mm/r y profundidad de corte 0,5-2 mm. Es necesario estar equipado con un sistema de refrigeración eficiente y seleccionar condiciones de corte de baja velocidad y alto par. Los grados YW1 y YW2 tienen una resistencia al calor mejorada debido a la presencia de carburo de tantalio (TaC). Combinado con recubrimientos de PVD (como TiN) , el rendimiento se mejora aún más. Se utilizan ampliamente en el procesamiento de precisión de álabes de motores de aeronaves, discos de turbinas y piezas estructurales aeroespaciales. Sin embargo, la concentración de calor durante el corte puede causar deformación de la pieza, por lo que se requieren herramientas especiales y una tecnología de procesamiento optimizada para garantizar la calidad.

(4) Metales no ferrosos

Los metales no ferrosos incluyen aleaciones de aluminio (como 6061, dureza HV 80-120), aleaciones de cobre (como H62, dureza HV 100-150) y aleaciones de magnesio. Estos materiales son blandos y propensos a la adhesión de la herramienta durante el corte, pero tienen buena conductividad térmica. Al procesar estos materiales con herramientas de carburo, se debe prestar especial atención a prevenir la formación de filos recalcados y a asegurar que la superficie de la pieza de trabajo permanezca lisa después del procesamiento. Los parámetros utilizados generalmente son velocidad de corte de 300-1000 m/min, velocidad de avance de 0,1-0,4 mm/r y profundidad de corte de 1-4 mm. Se seleccionan herramientas con ángulo de ataque alto para reducir la resistencia al corte. Las opciones ideales son YG6X (estructura de grano ultrafino, alta dureza) e YG10 (buena tenacidad) y se utilizan ampliamente en el procesamiento de carcasas de equipos electrónicos, piezas ligeras de automoción y piezas decorativas. Sin embargo, la adherencia de las herramientas y los arañazos en la superficie son los principales problemas, que pueden mejorarse mediante pulido y recubrimiento de baja fricción.

(5) Materiales compuestos

Los materiales compuestos incluyen plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP, dureza HV 200-300) y plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP). Estos materiales son anisotrópicos, de alta dureza y baja tenacidad. Son propensos a la delaminación o al desgarro durante el corte, y requieren alta resistencia al desgaste y estabilidad de corte de la herramienta. Por esta razón, el procesamiento generalmente adopta los parámetros de velocidad de corte de 100-300 m/min, velocidad de avance de 0,05-0,15 mm/r y profundidad de corte de 0,2-1 mm. Se requiere un diseño de bajo calor para reducir el daño térmico. YG6X (estructura nanocristalina) y las herramientas con recubrimiento de PCD son la primera opción y se utilizan ampliamente en la fabricación de piezas estructurales de aviación, palas de turbinas eólicas y equipos deportivos. Sin embargo, el desprendimiento de fibras y el daño térmico son problemas clave, que pueden aliviarse eficazmente mediante la tecnología de corte oscilante.

(6) Materiales ultraduros

Los materiales superduros incluyen el diamante policristalino (PCD, dureza HV >5000) y el nitruro de boro cúbico (CBN, dureza HV 4000-5000), que se utilizan principalmente para el procesamiento de piezas de trabajo de alta precisión y superduras. La dureza extremadamente alta de estos

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

materiales requiere herramientas de carburo con recubrimientos de diamante o CBN para lograr un corte efectivo. El procesamiento generalmente adopta velocidades de corte de 50-200 m/min, velocidades de avance de 0,01-0,1 mm/r y profundidades de corte de 0,1-0,5 mm. Se requieren máquinas herramienta de alta rigidez para garantizar la estabilidad del procesamiento. El YG6X se utiliza como soporte de sustrato, combinado con el recubrimiento de diamante CVD para mejorar la capacidad de corte, que se usa comúnmente en moldes de carburo, productos cerámicos y corte de precisión de piedras preciosas. Sin embargo, la herramienta se desgasta rápidamente y la vida útil del recubrimiento es limitada, por lo que debe reemplazarse regularmente o optimizarse la estrategia de corte.

(7) Materiales tratados térmicamente

Los materiales tratados térmicamente incluyen acero endurecido (como HRC 50-60, dureza HV 500-700) y acero cementado. Estos materiales tienen alta dureza superficial, pero conservan cierta tenacidad en el interior. Al cortar, se debe prestar especial atención a superar la resistencia de la capa endurecida. Por esta razón, el procesamiento generalmente adopta los parámetros de velocidad de corte 50-200 m/min, velocidad de avance 0,05-0,2 mm/r y profundidad de corte 0,5-2 mm. Se requiere un recubrimiento resistente al calor para soportar altas temperaturas. Los grados YT5 e YW1 son adecuados para el procesamiento de dichos materiales debido a sus características tanto de resistencia al calor como de dureza. Se utilizan ampliamente en anillos de rodamientos, ejes de engranajes y acabado después del tratamiento térmico de herramientas. Sin embargo, la capa endurecida tiene altos requisitos en la fuerza de corte, lo que requiere un control de alta precisión para evitar fallas prematuras de la herramienta.

Resumen de la solicitud

Las herramientas de corte de carburo son aptas para acero, fundición, materiales difíciles de mecanizar, metales no ferrosos, materiales compuestos, materiales superduros y materiales tratados térmicamente, cubriendo una amplia gama de necesidades, desde el mecanizado de desbaste hasta el acabado. Al seleccionar la calidad adecuada (como las series YG, YT o YW) según las características del material de la pieza y optimizar los parámetros de corte (como velocidad, avance y profundidad de corte), la herramienta se adapta eficazmente a diversos materiales con durezas que van desde HV 80 hasta 5000+. Además, su avanzado diseño geométrico y tecnología de recubrimiento mejoran aún más el rendimiento y la vida útil de la herramienta en diferentes objetos de procesamiento.

Comparación de resumen de lista

Objeto de procesamiento	Rango de dureza (HV)	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/r)	Profundidad de corte (mm)	Grados aplicables	Principales escenarios de aplicación	desafío
Acero	150-700	100-400	0,1-0,3	1-5	YT15, YT30	Autopartes, mecánicos	Ejes acumulado, acumulación de calor
hierro fundido	150-250	150-500	0,2-0,5	2-6	YG6, YG8	Bloque de motor,	Agujero de arena,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Objeto de procesamiento	Rango de dureza (HV)	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/r)	Profundidad de corte (mm)	Grados aplicables	Principales escenarios de aplicación	desafío
						Disco de freno	astillado
Materiales difíciles de procesar	de 300-500	20-100	0,05-0,2	0,5-2	YW1, YW2	Álabes de aeronaves, discos de turbina	Concentración de calor, deformación.
metales no ferrosos	80-150	300-1000	0,1-0,4	1-4	YG6X, YG10	Carcasa electrónica ligera para automoción	Cuchillo pegajoso , rasguño
Materiales compuestos	200-300	100-300	0,05-0,15	0,2-1	YG6X, PCD	Piezas estructurales de aviación, palas de turbinas eólicas	Delaminación, daño térmico
Materiales superduros	4000-5000+	50-200	0,01-0,1	0,1-0,5	YG6X, CVD	Moldes de carburo, cerámica	Desgaste rápido, mayor vida útil del recubrimiento.
Materiales de tratamiento térmico	500-700	50-200	0,05-0,2	0,5-2	YT5, YW1	Anillo de cojinete, eje de engranaje	Capa endurecida con alta fuerza de corte

Este capítulo comenzará desde cuatro aspectos: rendimiento de corte, objetos de procesamiento, análisis de fallas y mejora de herramientas de carburo cementado, y analizará sistemáticamente sus características de aplicación, ventajas técnicas y direcciones de optimización en el procesamiento de corte, con el fin de proporcionar orientación teórica y referencia práctica para la producción industrial.

11.1 Parámetros geométricos de las herramientas de carburo cementado

Las herramientas de carburo cementado logran un corte eficiente (velocidad > 1000 m/min ± 10 m/min) y una larga vida útil (> 10 horas ± 1 hora) al optimizar los parámetros geométricos (frente Ángulo , ángulo posterior, inclinación del filo) y recubrimientos (TiAlN , Al₂O₃). La composición (WC > 80 % ± 1 % , Co 6 % 12 % ± 1 %), el grano (0,52 μm ± 0,01 μm) y el proceso (sinterización 1450 °C ± 10 °C) afectan directamente al rendimiento (dureza HV 1600-2200 ± 30). Esta sección comienza con el rendimiento de los parámetros geométricos, la optimización del filo y las herramientas recubiertas.

11.1.1 Parámetros geométricos y optimización de vanguardia

Principios básicos y descripción técnica

Los parámetros de geometría de la herramienta incluyen el ángulo de ataque (5°15°±0,5°), el ángulo

de retroceso ($6^{\circ}12^{\circ}\pm0,5^{\circ}$), el ángulo de inclinación ($5^{\circ}5^{\circ}\pm0,5^{\circ}$), el radio del filo ($10\text{-}50\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$) y el ancho del filo ($0,1\text{-}0,5\text{ mm}\pm0,01\text{ mm}$), lo que optimiza el rendimiento al reducir las fuerzas de corte ($<1000\text{ N}\pm10\text{ N}$) y mejorar la calidad de la superficie ($R_a<0,2\text{ }\mu\text{m}\pm0,01\text{ }\mu\text{m}$). La optimización del filo se logra mediante rectificado (grano de la muela $<10\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$) o tratamiento láser (potencia $100\text{-}200\text{ W}\pm10\text{ W}$).

Las pruebas incluyen la fuerza de corte (dinamómetro, precisión $\pm1\text{ N}$), la rugosidad superficial (perfilómetro, precisión $\pm0,01\text{ }\mu\text{m}$) y la morfología del filo (séptimo electrónico, resolución $<0,1\text{ }\mu\text{m}\pm0,01\text{ }\mu\text{m}$). Por ejemplo, una herramienta P10 (ángulo frontal de $10^{\circ}\pm0,5^{\circ}$) tiene una fuerza de corte de $800\text{ N}\pm10\text{ N}$ y una R_a de $0,15\text{ }\mu\text{m}\pm0,01\text{ }\mu\text{m}$.

Análisis del mecanismo y rendimiento:

El ángulo de ataque ($5^{\circ}15^{\circ}\pm0,5^{\circ}$) reduce la resistencia al corte (coeficiente de fricción $<0,3\pm0,05$), y el ángulo posterior ($6^{\circ}12^{\circ}\pm0,5^{\circ}$) reduce el desgaste posterior de la herramienta (ancho de banda de desgaste $<0,1\text{ mm}\pm0,01\text{ mm}$). El radio del filo ($1050\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$) equilibra el filo y la resistencia, y el radio $<20\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$ es adecuado para el acabado ($R_a<0,1\text{ }\mu\text{m}\pm0,01\text{ }\mu\text{m}$). El SEM muestra que el filo optimizado no presenta microfisuras ($<0,01\text{ mm}\pm0,001\text{ mm}$), y el EDS confirma que la distribución de WC/Co es uniforme (desviación $<0,1\text{ }\%\pm0,02\text{ }\%$). Las pruebas de corte muestran que la fuerza de corte de la herramienta con un ángulo de ataque de $10^{\circ}\pm0,5^{\circ}$ se reduce en un $15\%\pm2\%$ en comparación con $5^{\circ}\pm0,5^{\circ}$, y la vida útil aumenta en un $20\%\pm3\%$.

Análisis de factores influyentes

Ángulo de ataque: $10^{\circ}15^{\circ}\pm0,5^{\circ}$, la fuerza de corte disminuye un $15\%\pm2\%$; $<5^{\circ}\pm0,5^{\circ}$, el desgaste aumenta un $10\%\pm2\%$.

Ángulo posterior: $6^{\circ}12^{\circ}\pm0,5^{\circ}$, ancho de banda de desgaste $<0,1\text{ mm}\pm0,01\text{ mm}$; $>15^{\circ}\pm0,5^{\circ}$, reducción de resistencia del $10\%\pm2\%$.

Radio del filo de corte: $1020\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$, excelente acabado; $>50\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$, fuerza de corte aumentada en un $10\%\pm2\%$.

Dureza del material: HV 1800 $\pm$ 2000 $\pm$ 30, alta estabilidad del borde; $<1600\pm30$, la tasa de astillado del borde aumenta en un $10\%\pm2\%$.

Velocidad de procesamiento: 1000 $\pm$ 1500 m/min $\pm$ 10 m/min, rendimiento equilibrado; $>2000\text{ m/min}\pm10\text{ m/min}$, el desgaste térmico aumenta en un $15\text{ }\%\pm3\text{ }\%$.

Por ejemplo, el ancho de la banda de desgaste de una herramienta con un ángulo de ataque de $5^{\circ}\pm0,5^{\circ}$ (velocidad $1500\text{ m/min}\pm10\text{ m/min}$) aumenta a $0,15\text{ mm}\pm0,01\text{ mm}$.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una fuerza de corte $<1000\text{ N}\pm10\text{ N}$, $R_a<0,2\text{ }\mu\text{m}\pm0,01\text{ }\mu\text{m}$. Se recomienda lo siguiente:

Optimización geométrica: ángulo de ataque $10^{\circ}15^{\circ}\pm0,5^{\circ}$, ángulo posterior $6^{\circ}12^{\circ}\pm0,5^{\circ}$, radio del filo de corte $1020\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$.

Tratamiento de cantos: rectificado láser (potencia $150\text{ W}\pm10\text{ W}$), microfisuras $<0,01\text{ mm}\pm0,001$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm.

Selección de material: grano WC $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Co 6% $10\% \pm 1\%$.

Especificaciones de prueba: ISO 1832 (parámetros geométricos), ASTM G99 (coeficiente de fricción).

Verificación y optimización: SEM y dinamómetro confirman la calidad del filo y las fuerzas de corte.

Por ejemplo, la herramienta P10 (ángulo de ataque $10^\circ \pm 0,5^\circ$, radio del filo de corte $15 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) tiene una fuerza de corte de $800 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$ y $Ra 0,15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

11.1.2 Rendimiento de herramientas recubiertas (PVD, CVD)

Principios básicos y descripción general de la tecnología

Las herramientas recubiertas se depositan mediante deposición física de vapor (PVD, TiAlN, $23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) o deposición química de vapor (CVD, Al_2O_3 , $35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) para mejorar la dureza (HV 2500 ± 500), la resistencia al desgaste (tasa de desgaste $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) y la resistencia a altas temperaturas ($> 1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). La PVD es adecuada para el corte a alta velocidad ($> 1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) y la CVD es adecuada para el corte con carga pesada (carga $> 1000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$).

Las pruebas incluyen la dureza del recubrimiento (nanoindentación, precisión $\pm 50 \text{ HV}$), el desgaste (ASTM G99, precisión $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) y la vida útil de la herramienta (ISO 3685, precisión $\pm 0,01 \text{ mm}$). Por ejemplo, una herramienta de PVDTiAlN tiene una dureza de $3000 \text{ HV} \pm 50$ y una vida útil de 12 horas ± 1 hora.

Análisis del mecanismo y rendimiento

PVDTiAlN (Al 50% $70\% \pm 1\%$) forma una nanoestructura multicapa (espesor de capa $510 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$), mejora la dureza (HV 3000 ± 50) y la resistencia a la oxidación (temperatura de oxidación $> 1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). CVD Al_2O_3 (tamaño de grano $0,10,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) proporciona una barrera térmica (conductividad térmica $< 10 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 0,5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) y reduce el desgaste por cráter (profundidad $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). El SEM muestra que el recubrimiento PVD es denso (porosidad $< 0,1\% \pm 0,01\%$) y que el recubrimiento CVD tiene granos regulares (desviación $< 0,1\% \pm 0,02\%$). La XPS confirma el enlace AlN en TiAlN (Al $2p \sim 74 \text{ eV} \pm 0,1 \text{ eV}$).

Las pruebas de vida muestran que la vida útil de las herramientas PVDTiAlN ($1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) es de 12 horas ± 1 hora, y la vida útil de CVD Al_2O_3 ($500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) es de 15 horas ± 1 hora.

Análisis de factores influyentes

Espesor del recubrimiento: $25 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, la vida útil aumenta en un $30\% \pm 5\%$; $> 10 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, la tasa de pelado aumenta en un $15\% \pm 3\%$.

Temperatura de deposición: PVD ($400\text{-}600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), baja tensión residual; CVD ($800\text{-}1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), adhesión aumentada en un $10\% \pm 2\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tamaño de grano: $0,10,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, alta dureza; $>1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, la resistencia al desgaste disminuye en un $10 \% \pm 2 \%$.

Velocidad de corte: $>1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, PVD es excelente; $<500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, CVD es aplicable.

Dureza del sustrato: HV 18002000 ± 30 , excelente adhesión del recubrimiento; $<1600 \pm 30$, la tasa de pelado aumenta en un $10\% \pm 2\%$.

Por ejemplo, la tasa de pelado del revestimiento de TiAlN (espesor $10 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) aumentó al $20\% \pm 3\%$.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una dureza HV de 2500 a 3500 ± 50 y una vida útil de $>10 \pm 1$ hora. Recomendado: Opciones de recubrimiento: PVDTiAlN (corte de alta velocidad), CVDA Al_2O_3 (corte de carga pesada). del espesor: $25 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, porosidad $<0,1\% \pm 0,01\%$.

Optimización de la matriz: grano WC $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Co $6\%10\% \pm 1\%$.

Optimización de la deposición: PVD ($500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), CVD ($900^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$).

Especificaciones de prueba: ASTM E384 (nanoindentación), ISO 3685 (vida útil).

Por ejemplo, la herramienta PVDTiAlN ($2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) tiene una dureza de HV 3000 ± 50 y una vida útil de 12 horas ± 1 hora.

11.2 Rendimiento de corte

El rendimiento de corte de las herramientas de carburo cementado se refleja en su alta velocidad de corte ($>1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) y resistencia al desgaste (índice de desgaste $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) , cumpliendo así los requisitos de alta eficiencia (tiempo de procesamiento $< 1 \text{ min/pieza} \pm 0,1 \text{ min}$) y larga vida útil ($> 10 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$). El rendimiento está estrechamente relacionado con el material (WCCoTiC), el recubrimiento (TiAlN , Al_2O_3) y las condiciones de trabajo (velocidad, velocidad de avance).

Esta sección comienza con el corte de alta velocidad, la resistencia al desgaste y la vida útil de la herramienta.

11.2.1 Corte a alta velocidad ($>1000 \text{ m/min}$)

Principios básicos y descripción técnica

El corte a alta velocidad ($1000\text{-}2000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) requiere herramientas con alta dureza (HV 1800-2200 ± 30), baja fricción (coeficiente $<0,3 \pm 0,05$) y alta resistencia a la temperatura ($>1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Las herramientas P10/YT15 (TiC $10 \% 15 \% \pm 1 \%$) combinadas con recubrimiento PVDTiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) son adecuadas para acero (HV 200-400 ± 10) y aleaciones de aluminio ($>2000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Las pruebas incluyen la temperatura de corte (medición de temperatura por infrarrojos, precisión $\pm 5^{\circ}\text{C}$), la calidad superficial ($R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) y la vida útil (ISO 3685, precisión $\pm 0,01 \text{ mm}$). Por ejemplo, la herramienta YT15 (1500 m/min $\pm 10 \text{ m/min}$) tiene una temperatura de corte de $800^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y una R_a de $0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Mecanismo y análisis de rendimiento

El corte a alta velocidad genera alta tensión de corte ($>1000 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) y carga térmica ($> 800^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), y los recubrimientos de TiC ($10\% \text{ } 15\% \pm 1\%$) y TiAlN reducen la adhesión (coeficiente de fricción $< 0,3 \pm 0,05$). El grano de $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ mejora la resistencia al agrietamiento térmico (grieta $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$). SEM muestra que la herramienta YT15 se desgasta de manera uniforme (profundidad $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), y EDS confirma la distribución de TiC (desviación $< 0,1\% \pm 0,02\%$). Las pruebas de corte muestran que la vida útil de YT15 (1500 m/min $\pm 10 \text{ m/min}$) es de 12 horas $\pm 1 \text{ hora}$, lo cual es mejor que YG6 (10 horas $\pm 1 \text{ hora}$).

Análisis de factores influyentes

Velocidad de corte: 10001500 m/min $\pm 10 \text{ m/min}$, vida útil $> 10 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$; $> 2000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, el desgaste térmico aumenta en un $15\% \pm 3\%$.

Recubrimiento: TiAlN ($2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$), la vida útil aumentó en un $30\% \pm 5\%$; sin recubrimiento, la tasa de desgaste aumentó en un $20\% \pm 3\%$.

Tamaño de grano: $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, excelente resistencia al agrietamiento térmico; $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, la tasa de agrietamiento aumenta en un $10\% \pm 2\%$.

Refrigerante: A base de aceite, la temperatura disminuye un $10\% \pm 2\%$; a base de agua, la tasa de desgaste aumenta un $10\% \pm 2\%$.

Dureza de la pieza: HV 200400 ± 10 , rendimiento equilibrado; $> 600 \pm 10$, aumento del desgaste del $15\% \pm 3\%$.

Por ejemplo, la vida útil de una herramienta YG6 (2000 m/min $\pm 10 \text{ m/min}$) se reduce a 8 horas $\pm 1 \text{ hora}$.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una vida útil de $> 10 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$ y un $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$. Se recomienda lo siguiente:

Selección de herramientas: YT15/P10, TiC $10\% \text{ } 15\% \pm 1\%$.

Optimización del recubrimiento: PVDTiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$), resistencia al desgaste aumentada en un $30\% \pm 5\%$.

de grano: $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, VC añadido ($0,2\% \pm 0,01\%$).

Optimización de refrigeración: refrigerante a base de aceite, temperatura $< 800^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Especificaciones de prueba: ISO 3685 (vida útil), ISO 1832 (calidad de la superficie).

Por ejemplo, YT15 (TiAlN, 1500 m/min $\pm 10 \text{ m/min}$) tiene una vida útil de 12 horas $\pm 1 \text{ hora}$ y R_a $0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

11.2.2 Resistencia al desgaste y vida útil de la herramienta (>10 horas)

Principios básicos y descripción técnica La resistencia al desgaste

se refleja en una baja tasa de desgaste ($< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) y una larga vida útil ($> 10 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$), dependiendo de la dureza (HV 1800 2200 ± 30), el recubrimiento (TiAlN, Al_2O_3) y las condiciones de trabajo (velocidad de avance $0,10,5 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$). Las herramientas YG8 (Co $8\% \pm 1\%$) son adecuadas para cortes de velocidad media ($500 \text{ } 1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$), las herramientas CVDA Al_2O_3 son adecuadas para cargas pesadas (carga $> 1000 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$).

Las pruebas incluyen la tasa de desgaste (ASTM G99, precisión $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), la vida útil de la herramienta (ISO 3685, precisión $\pm 0,01 \text{ mm}$) y la morfología del desgaste (SEM, resolución $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Por ejemplo, la tasa de desgaste de la herramienta YG8 es de $0,04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ y su vida útil es de $15 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$.

Análisis del mecanismo y rendimiento

El alto contenido de WC ($> 90\% \pm 1\%$) proporciona dureza (HV 1800 ± 30), Co ($6\% \text{ } 12\% \pm 1\%$) mejora la tenacidad ($K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) y el recubrimiento reduce la fricción (coeficiente $< 0,3 \pm 0,05$). El recubrimiento de Al_2O_3 ($35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) inhibe el desgaste abrasivo (ancho de banda de desgaste $< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). El SEM muestra que la superficie de desgaste YG8 es lisa ($R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) y la herramienta CVDA Al_2O_3 no tiene descamación (desviación $< 0,1\% \pm 0,02\%$). La prueba de vida muestra que la herramienta CVDA Al_2O_3 ($500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) tiene una vida útil de $15 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$, lo que es mejor que PVDTiAlN. ($12 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$).

Análisis de factores influyentes

Tipo de recubrimiento: Al_2O_3 , resistencia al desgaste aumentada en un $30\% \pm 5\%$; TiAlN, excelente para corte a alta velocidad.

Contenido de Co: $6\% \text{ } 12\% \pm 1\%$, alta tenacidad; $< 6\% \pm 1\%$, la tasa de astillado aumenta en un $10\% \pm 2\%$.

Velocidad de corte: $500 \text{ } 1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, vida útil $> 10 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$; $> 1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, aumento del desgaste del $15\% \pm 3\%$.

Velocidad de avance: $0,10,5 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$, rendimiento equilibrado; $> 1 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$, la tasa de desgaste aumenta en un $10\% \pm 2\%$.

Condiciones de trabajo: Corte en seco, la tasa de desgaste aumenta en un $10\% \pm 2\%$; corte húmedo, la vida útil aumenta en un $20\% \pm 3\%$.

Por ejemplo, la tasa de desgaste de YG8 (sin recubrimiento) aumenta a $0,06 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una tasa de desgaste de $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ y una vida útil de $> 10 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$. Se recomienda lo siguiente:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Selección de herramientas: YG8 (velocidad media), CVDA Al_2O_3 (carga pesada).

Optimización del recubrimiento: Al_2O_3 ($35\text{ }\mu\text{m}\pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$), resistencia al desgaste aumentada en un $30\%\pm 5\%$.

Optimización de la composición: Co $8\%12\%\pm 1\%$, grano WC $0,52\text{ }\mu\text{m}\pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$.

Optimización de las condiciones de trabajo: corte húmedo, velocidad de avance $0,10,5\text{ mm/r}\pm 0,01\text{ mm/r}$.

Especificaciones de prueba: ASTM G99 (tasa de desgaste), ISO 3685 (vida útil).

Por ejemplo, la tasa de desgaste de la herramienta CVDA Al_2O_3 (sustrato YG8) es de $0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ y la vida útil es de 15 horas ± 1 hora.

11.3 Procesamiento de objetos

Las herramientas de carburo están optimizadas para diferentes objetos de mecanizado (acero, fundición, aleación de titanio, materiales compuestos, materiales superduros) para cumplir con los requisitos de precisión ($<0,01\text{ mm}\pm 0,001\text{ mm}$) y vida útil (>10 horas ± 1 hora). La selección de la herramienta se basa en la dureza de la pieza ($\text{HV } 150\pm 5000\pm 10$), la velocidad de corte ($500\pm 2000\text{ m/min}\pm 10\text{ m/min}$) y el recubrimiento (TiAlN , Al_2O_3).

Esta sección comienza con acero, hierro fundido y materiales difíciles de mecanizar, así como materiales compuestos y materiales superduros.

11.3.1 Acero, fundición y materiales de difícil procesamiento (aleaciones de Ti)

Principios básicos y descripción técnica

El acero ($\text{HV } 200400\pm 10$) requiere herramientas de tipo P (P10 , $\text{TiC } 10\%15\%\pm 1\%$), el hierro fundido ($\text{HV } 150250\pm 10$) requiere herramientas de tipo K (K20 , $\text{WC}>90\%\pm 1\%$) y la aleación de Ti ($\text{HV } 300400\pm 10$) requiere herramientas de alta tenacidad (YG8, Co $8\%\pm 1\%$). El recubrimiento PVDTiAlN ($23\text{ }\mu\text{m}\pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) es adecuado para acero y aleación de Ti, y CVDA Al_2O_3 ($35\text{ }\mu\text{m}\pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) es adecuado para hierro fundido.

Las pruebas incluyen la calidad superficial ($\text{Ra}<0,2\text{ }\mu\text{m}\pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$), la fuerza de corte ($<1000\text{ N}\pm 10\text{ N}$) y la vida útil de la herramienta (ISO 3685, precisión $\pm 0,01\text{ mm}$). Por ejemplo, una herramienta P10 (acero) tiene una Ra de $0,15\text{ }\mu\text{m}\pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ y una vida útil de 12 horas ± 1 hora.

Análisis de mecanismo y rendimiento

En el procesamiento de acero, las herramientas P10 ($\text{TiC } 10\%15\%\pm 1\%$) reducen la adhesión (coeficiente de fricción $<0,3\pm 0,05$), y las herramientas K20 ($\text{WC}>90\%\pm 1\%$) resisten el desgaste abrasivo del hierro fundido (tasa de desgaste $<0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$). Las aleaciones de Ti generan altas temperaturas ($>800^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$) debido a la baja conductividad térmica ($<10\text{ W/m}\cdot\text{K}\pm 0,5\text{ W/m}\cdot\text{K}$), y las herramientas YG8 ($\text{K}_{\text{IC}} 14\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0,5$) resisten el astillado. El SEM muestra que P10 se desgasta de manera uniforme (profundidad $<0,05\text{ mm}\pm 0,01\text{ mm}$), y K20 tiene una superficie lisa ($\text{Ra}<0,2\text{ }\mu\text{m}\pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$). Las pruebas de corte muestran que la vida útil de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

P10 (acero, 1500 m/min $\pm$ 10 m/min) es de 12 horas $\pm$ 1 hora, y la vida útil de K20 (hierro fundido, 800 m/min $\pm$ 10 m/min) es de 15 horas $\pm$ 1 hora.

Análisis de factores influyentes

Dureza de la pieza de trabajo: HV 200400 $\pm$ 10, P10 excelente; HV 150250 $\pm$ 10, K20 aplicable.

Velocidad de corte: 10001500 m/min $\pm$ 10 m/min (acero), 8001200 m/min $\pm$ 10 m/min (hierro fundido).

Recubrimiento: TiAlN (acero, aleación de Ti), Al₂O₃ (hierro fundido), vida útil aumentada en un 30% $\pm$ 5%.

Material de la herramienta: TiC (acero), WC (hierro fundido), Co 8%12% $\pm$ 1% (aleación de Ti).

Refrigerante: A base de aceite, tasa de desgaste reducida en un 10% $\pm$ 2%; corte en seco, desgaste aumentado en un 15% $\pm$ 3%.

Por ejemplo, la vida útil de P10 (aleación de Ti, 2000 m/min $\pm$ 10 m/min) se reduce a 8 horas $\pm$ 1 hora.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una vida útil de >10 horas $\pm$ 1 hora y un Ra <0,2 μ m $\pm$ 0,01 μ m . Se recomienda lo siguiente:

Selección de herramientas: P10 (acero), K20 (hierro fundido), YG8 (aleación de Ti).

Optimización del recubrimiento: TiAlN (23 μ m $\pm$ 0,1 μ m , acero/aleación de Ti), Al₂O₃ (35 μ m $\pm$ 0,1 μ m , hierro fundido).

Condiciones de trabajo optimizadas: refrigerante a base de aceite, velocidad 8001500 m/min $\pm$ 10 m/min.

de grano: 0,52 μ m $\pm$ 0,01 μ m , tenacidad y dureza equilibradas.

Especificaciones de prueba: ISO 3685 (vida útil), ISO 1832 (calidad de la superficie).

Por ejemplo, K20 (Al₂O₃ , hierro fundido) tiene una vida útil de 15 horas $\pm$ 1 hora y Ra 0,15 μ m $\pm$ 0,01 μ m .

11.3.2 Materiales compuestos y materiales superduros

Principios básicos y descripción general de la tecnología

Los materiales compuestos (CFRP, GFRP, resistencia >1000 MPa $\pm$ 10 MPa) y los materiales superduros (PCD, HV > 5000 $\pm$ 50) requieren herramientas de alta dureza (HV 2000-3000 $\pm$ 50) y recubrimientos especiales (DLC, 12 μ m $\pm$ 0,1 μ m) . Las herramientas N10 (Co < 6 % $\pm$ 1 %) son adecuadas para materiales compuestos, y las herramientas PCBN (CBN > 80 % $\pm$ 1 %) son adecuadas para materiales superduros .

Las pruebas incluyen tasa de desgaste (ASTM G99, precisión $\pm$ 0,01 mm³/ N·m) , precisión (<0,01 mm $\pm$ 0,001 mm) y vida útil (ISO 3685, precisión $\pm$ 0,01 mm).

Por ejemplo, la tasa de desgaste de la herramienta N10 (CFRP) es de 0,02 mm³/N·m $\pm$ 0,01 mm³/

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

N·m y la vida útil es de 10 horas $\pm$ 1 hora.

Análisis de mecanismo y rendimiento

En el procesamiento de materiales compuestos, las herramientas N10 ($WC > 94\% \pm 1\%$) resisten el desgarrado de la fibra (ancho de banda de desgaste $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), y los recubrimientos DLC (coeficiente de fricción $< 0,2 \pm 0,05$) reducen la adhesión. En el procesamiento de materiales superduros, las herramientas PCBN (granos CBN de $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) tienen una excelente resistencia al desgaste (tasa de desgaste $< 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$). El SEM muestra que no hay delaminación en la superficie de desgaste N10 (desviación $< 0,1\% \pm 0,02\%$), y no hay microfisuras en la herramienta PCBN ($< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$).

Las pruebas de corte muestran que la vida útil de N10 (CFRP, $1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) es de 10 horas $\pm$ 1 hora, y la vida útil de PCBN (PCD, $500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) es de 8 horas $\pm$ 1 hora.

Análisis de factores influyentes

Características de la pieza de trabajo: CFRP (fracción de volumen de fibra $> 50\% \pm 2\%$), N10 excelente; PCD ($HV > 5000 \pm 50$), PCBN aplicable.

Velocidad de corte: $5001000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, vida útil $> 8 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$; $> 1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, aumento del desgaste del $15\% \pm 3\%$.

Recubrimiento: DLC (material compuesto), TiAlN (material superduro), vida útil aumentada en un $20\% \pm 3\%$.

Material de la herramienta: WC (material compuesto), CBN (material superduro).

Velocidad de avance: $0,050,2 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$, alta precisión; $> 0,5 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$, aumento del desgaste del $10\% \pm 2\%$.

Por ejemplo, la vida útil del N10 (CFRP, $1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) se reduce a 6 horas $\pm$ 1 hora.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una tasa de desgaste de $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ y una precisión de $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$. Se recomienda lo siguiente:

Selección de herramientas: N10 (material compuesto), PCBN (material superduro).

del recubrimiento: DLC ($12 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, material compuesto), TiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, material superduro).

Optimización de las condiciones de trabajo: velocidad $5001000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, velocidad de avance $0,050,2 \text{ mm/r} \pm 0,01 \text{ mm/r}$.

Optimización de grano: $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (N10), $0,52 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ (PCBN).

Especificaciones de prueba: ASTM G99 (tasa de desgaste), ISO 1832 (precisión).

Por ejemplo, la tasa de desgaste de N10 (DLC, CFRP) es de $0,02 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ y la precisión es $< 0,01 \pm 0,001 \text{ mm}$.

11.4 Análisis de fallos y mejora

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Las principales manifestaciones de fallas en herramientas de carburo son el desgaste (cráteres, desgaste de flanco), el astillamiento (grietas $<0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) y el desconchado (pérdida de recubrimiento $<0,1 \text{ mm}^2 \pm 0,01 \text{ mm}^2$). El análisis de fallas (SEM, EDS) y la optimización (granos, recubrimientos) permiten prolongar la vida útil de la herramienta (más de 10 horas ± 1 hora) y reducir la tasa de desgaste ($<0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$).

Esta sección comienza con el desgaste de la herramienta y las estrategias de optimización.

11.4.1 Desgaste de la herramienta (cráter, desgaste del flanco)

Principios básicos y descripción técnica

El desgaste de la herramienta incluye desgaste por cráter (delantero cara, profundidad $<0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) y desgaste de flanco (ancho de banda de desgaste $<0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), que es causado por desgaste abrasivo (tasa de desgaste $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), desgaste adhesivo (coeficiente de fricción $>0,3 \pm 0,05$) y desgaste térmico ($>800 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$). Las herramientas P10/YT15 a menudo muestran desgaste de cráter, mientras que las herramientas K20/YG8 a menudo muestran desgaste de flanco.

Las pruebas incluyen la morfología del desgaste (SEM, resolución $<0,1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$), el volumen de desgaste (perfilómetro, precisión $\pm 0,01 \text{ mm}$) y el cambio de composición (EDS, precisión $\pm 0,1 \text{ }\%$). Por ejemplo, la profundidad del cráter de una herramienta P10 (acero) es de $0,04 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, y la tasa de desgaste es de $0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Análisis del mecanismo y rendimiento:

El desgaste del cráter se inicia por alta temperatura ($>800 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$) y esfuerzo cortante ($>1000 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), TiC ($10\%15\% \pm 1\%$) y recubrimiento de TiAlN ($23 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$) ralentizan el desgaste (profundidad $<0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). El desgaste del flanco está dominado por la acción abrasiva (tamaño de partícula $<10 \text{ }\mu\text{m} \pm 1 \text{ }\mu\text{m}$) y WC ($>90\% \pm 1\%$) mejora la resistencia al desgaste. SEM muestra que la superficie del cráter P10 es lisa ($R_a <0,2 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$) y el flanco K20 tiene rayones (ancho $<0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$). EDS confirma la transferencia de Fe en la zona de desgaste P10 ($<0,1\% \pm 0,02\%$).

La profundidad del cráter de P10 ($1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) es de $0,04 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ y el ancho de la banda de desgaste del flanco de K20 ($800 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) es de $0,08 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$.

Análisis de factores influyentes

Velocidad de corte: $>1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, el cráter aumenta un $15\% \pm 3\%$; $<800 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, el desgaste del flanco es el principal problema.

Recubrimiento: TiAlN, la profundidad del cráter disminuyó en un $20\% \pm 3\%$; sin recubrimiento, la tasa de desgaste aumentó en un $15\% \pm 3\%$.

Dureza de la pieza: $\text{HV } 200400 \pm 10$, desgaste equilibrado; $>600 \pm 10$, desgaste aumentado $10\% \pm 2\%$.

Tamaño de grano: $0,51 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$, excelente resistencia al desgaste; $>2 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$, la tasa

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de desgaste aumenta en un $10\% \pm 2\%$.

Refrigerante: A base de aceite, tasa de desgaste reducida en $10\% \pm 2\%$; corte en seco, desgaste térmico aumentado en $15\% \pm 3\%$.

Por ejemplo, para P10 (sin recubrimiento, $1500 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$), la profundidad del cráter aumenta a $0,06 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una profundidad de desgaste $<0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ y una tasa de desgaste $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$. Se recomienda lo siguiente:

Selección de herramientas: P10/YT15 (cresset), K20/YG8 (flanco).

Optimización del recubrimiento: TiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, alta velocidad), Al₂O₃ ($35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, velocidad media).

de grano: $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, VC añadido ($0,2\% \pm 0,01\%$).

Condiciones de trabajo optimizadas: refrigerante a base de aceite, velocidad $800 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$.

Especificaciones de prueba: ASTM G99 (tasa de desgaste), SEM (morfología del desgaste).

La profundidad del cráter de P10 (TiAlN, $1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$) es de $0,03 \pm 0,01 \text{ mm}$ y la tasa de desgaste es 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 Estrategia de optimización (tamaño de grano, espesor del recubrimiento)

Principios básicos y descripción general de la tecnología

La optimización de fallos de la herramienta reduce el desgaste ($<0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) y el astillado (grietas $<0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) al controlar el tamaño del grano ($0,52 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), el espesor del recubrimiento ($25 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) y la composición (Co $6\% \pm 1\%$). La sinterización SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) y la tecnología de recubrimiento PVD/CVD son clave.

Las pruebas incluyen dureza (ASTM E92, precisión $\pm 30 \text{ HV}$), tenacidad (ISO 28079, precisión $\pm 0,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) y vida útil de la herramienta (ISO 3685, precisión $\pm 0,01 \text{ mm}$). Por ejemplo, una herramienta YT15 (grano de $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, TiAlN $2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) tiene una vida útil de la herramienta de $12 \text{ horas} \pm 1 \text{ hora}$.

El análisis del mecanismo muestra

que los granos finos ($0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) aumentan la dureza ($\text{HV } 2000 \pm 30$) a través del efecto HallPetch, y Co ($6\% \pm 1\%$) mejora la tenacidad ($K_{IC} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$). El recubrimiento de TiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) reduce la fricción (coeficiente $<0,3 \pm 0,05$) y el recubrimiento de Al₂O₃ ($35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) resiste altas temperaturas ($> 1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). El SEM muestra que la herramienta con granos de $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ se desgasta de manera uniforme (profundidad $<0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) y el recubrimiento no se desprende (desviación $<0,1\% \pm 0,02\%$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Las pruebas de vida muestran que la vida útil de YT15 (grano de $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, $\text{TiAlN } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) es de 12 horas ± 1 hora, lo que es mejor que YG6 (grano de $2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, 10 horas ± 1 hora).

Análisis de factores influyentes

Tamaño de grano: $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, dureza aumentada en un $20 \% \pm 3 \%$; $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, tenacidad aumentada en un $10 \% \pm 2 \%$.

Espesor del recubrimiento: $25 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, la vida útil aumenta en un $30 \% \pm 5 \%$; $> 10 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, la tasa de pelado aumenta en un $15 \% \pm 3 \%$.

Contenido de Co: $6\% \pm 1\%$, excelente resistencia al astillado; $< 6\% \pm 1\%$, la tasa de astillado aumenta en un $10\% \pm 2\%$.

Proceso de sinterización: SPS ($1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), porosidad $< 0,1\% \pm 0,01\%$; sinterización convencional, porosidad aumentada en $10\% \pm 2\%$.

Condiciones de trabajo: corte húmedo, la tasa de desgaste disminuye en un $10\% \pm 2\%$; corte seco, el desgaste aumenta en un $15\% \pm 3\%$.

ejemplo, la vida útil del YT15 (grano $2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, recubrimiento $10 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) se reduce a 8 horas ± 1 hora.

La estrategia de optimización

consiste en lograr una vida útil de > 10 horas ± 1 hora y una tasa de desgaste de $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$. Recomendado:

de grano: $0,51 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, VC añadido ($0,2 \% \pm 0,01 \%$).

del recubrimiento: TiAlN ($23 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, alta velocidad), Al_2O_3 ($35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, carga pesada).

Optimización de la composición: Co $6\% \pm 1\%$, WC $> 90\% \pm 1\%$.

Optimización del proceso: SPS ($1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$), porosidad $< 0,1\% \pm 0,01\%$.

Especificaciones de prueba: ASTM E92 (dureza), ISO 3685 (vida útil).

Por ejemplo, YT15 (tamaño de grano $0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, $\text{TiAlN } 2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) tiene una vida útil de 12 horas ± 1 hora y una tasa de desgaste de $0,02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

Referencias

Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming. Estudio sobre parámetros geométricos y rendimiento de corte de herramientas de carburo cementado [J]. Revista de Ingeniería Mecánica, 2022, 58(4): 123132

Chen Xiaodong, Zhao Gang, Liu Wei. Preparación y optimización del rendimiento de herramientas de carburo cementado recubiertas [J]. Ciencia y tecnología de materiales, 2023, 41(2): 8998

Wang Li, Zhang Zhiqiang, Chen Feng. Análisis del rendimiento de herramientas de carburo cementado en corte de alta velocidad [J]. Tecnología de fabricación y máquinas herramienta, 2021, 39(6)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

: 6776.

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. Métodos de prueba para la resistencia al desgaste y la vida útil de herramientas de carburo cementado [J]. Materials Testing, 2022, 38(5): 145-153

Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. Estudio de aplicación de herramientas de carburo cementado en el mecanizado de acero y fundición [J]. Materiales de Ingeniería Mecánica, 2023, 39(3): 7886

Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. Herramientas de carburo cementado para el corte de materiales compuestos y superduros [J]. Investigación de Materiales Avanzados, 2024, 42(1): 5665

Wang Tao, Zhang Li, Chen Yu. Mecanismos de desgaste y análisis de fallos en herramientas de carburo cementado [J]. Ingeniería de Materiales, 2022, 46(6): 134142

Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. Estrategias de optimización y mejora del rendimiento de herramientas de carburo cementado [J]. Manufacturing Technology Research, 2023, 35(4): 101109

Smith J, Brown T, Johnson R. Mecanizado de alta velocidad con herramientas de carburo cementado recubiertas [J]. Revista de Ciencias de la Fabricación e Ingeniería, 2021, 143(5): 345354.

Tanaka H, Yamada K.

Análisis de desgaste de herramientas de carburo cementado en el mecanizado de aleaciones de titanio [J]. Revista de la Sociedad Japonesa de Ingeniería de Precisión, 2023, 89(3): 156163.

Kim S, Park J, Lee H. Rendimiento de corte de herramientas de carburo cementado para materiales compuestos [J]. Revista Coreana de Investigación de Materiales, 2022, 32(4): 234242.

ISO 1832:2017. Insertos indexables para herramientas de corte — Designación[S].

Pekín: China Standards Press, 2017.

ASTM E38417. Método de ensayo estándar para la dureza de materiales por microindentación [S]. Pekín

: China Standards Press, 2017.

ASTM G9917. Método de ensayo estándar para pruebas de desgaste con un aparato de pasador y disco [S]. Pekín: Prensa de Normas de China, 2017.

ASTM G9917. Método de prueba de desgaste de pasador y disco [S]. Pekín: Prensa de Normas de China, 2017.

ISO 3685:1993. Pruebas de vida útil de herramientas con herramientas de torneado de una sola punta [S]. Pekín: China Standards Press, 1993.

ISO 28079:2009. Metales duros — Ensayo de tenacidad Palmqvist [S].

Pekín: China Standards Press, 2009.

ASTM G6516. Método de prueba estándar para la medición de la abrasión mediante un aparato de arena seca/rueda de caucho. Pekín: 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

apéndice:

Breve introducción del proceso de recubrimiento de herramientas de carburo

Las herramientas de corte de carburo depositan películas delgadas sobre la superficie del sustrato mediante tecnologías de recubrimiento (como PVD y CVD), lo que mejora considerablemente la resistencia al desgaste, la resistencia a altas temperaturas y la vida útil. Se utilizan ampliamente en el procesamiento mecánico, la industria aeroespacial, la fabricación de automóviles y otros sectores. Este artículo explica el proceso de recubrimiento de las herramientas de corte de carburo, incluyendo sus principios, pasos principales, materiales de recubrimiento comunes, comparación de procesos y tendencias de desarrollo, y proporciona una referencia técnica para la fabricación de herramientas.

1. Descripción general del proceso de recubrimiento

Los recubrimientos de herramientas de carburo se obtienen principalmente mediante deposición física de vapor (PVD) y deposición química de vapor (CVD), en ocasiones combinadas con otras tecnologías (como la CVD mejorada con plasma). El recubrimiento forma una película de 120 μm sobre el sustrato de carburo cementado (principalmente carburo de tungsteno WC y cobalto Co₂) para mejorar el rendimiento de la herramienta. A continuación, se describen los principios de los dos procesos principales:

Tecnología	principio	Condiciones típicas
Degradación fotovoltaica	El material objetivo se vaporiza mediante métodos físicos (como evaporación y pulverización catódica) y se deposita sobre la superficie del sustrato en un entorno de vacío.	Temperatura 150-500°C, vacío 10 ⁻² a 10 ⁻⁴ Pa.
ECV	El precursor de gas se descompone a alta temperatura mediante reacción química para depositar el recubrimiento en la superficie del sustrato.	Temperatura 6001100°C, baja presión o presión normal.

2. Pasos del proceso de recubrimiento de herramientas de carburo

El proceso de recubrimiento implica varios pasos clave para garantizar un recubrimiento uniforme, una fuerte adhesión y un rendimiento excelente. A continuación, se presenta un proceso típico de recubrimiento PVD y CVD:

2.1 Preprocesamiento

Objetivo

Limpie la superficie del sustrato para eliminar aceite, óxidos y partículas para garantizar la adhesión del recubrimiento.

paso

Limpieza ultrasónica: utilice disolventes orgánicos (como etanol, acetona) para limpiar la herramienta durante 5 a 15 minutos.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Limpieza ácida o alcalina: eliminar la capa de óxido de la superficie (por ejemplo, mediante tratamiento con ácido clorhídrico diluido).

Secado: Secado al vacío o con aire caliente para garantizar que no haya humedad en la superficie.

Limpieza de plasma (específica de PVD): bombardeo con plasma de argón en una cámara de vacío para eliminar impurezas microscópicas.

2.2 Pretratamiento de la matriz

Objetivo

Optimiza el estado de la superficie del sustrato y mejora la adherencia del recubrimiento.

paso

de bordes : utilice una muela de diamante o un bruñido láser para ajustar el radio del borde (0,005-0,1 mm) y mejorar la estabilidad del borde.

Pulido de superficies: Conseguir una rugosidad superficial Ra de 0,05 a 0,2 μm para reducir los defectos del recubrimiento.

Grabado iónico (específico de PVD): bombardear el sustrato con iones de alta energía para activar la superficie y mejorar la adhesión (la adhesión puede alcanzar 3070 N).

2.3 Deposición de recubrimiento

Deposición de PVD:

equipo

Cámara de vacío con material objetivo (por ejemplo, Ti, Al, Cr) y fuente de energía (pulverización catódica con magnetrón o descarga de arco).

proceso

Evacuar a 10^{-2} a 10^{-4} Pa y calentar a 150-500°C.

argón (Ar) para generar plasma y pulverizar el material objetivo (como la aleación TiAl).

Se introducen gases de reacción (como N₂, CH₄) para formar TiN , TiAlN , DLC y otros recubrimientos.

El tiempo de deposición fue de 14 h y el espesor del recubrimiento fue de 15 μm .

Características: proceso de baja temperatura, rendimiento del sustrato sin cambios, recubrimiento uniforme, filo afilado.

Deposición de CVD:

equipo

Reactor, equipado con precursores gaseosos (como TiCl₄, CH₄, AlCl₃).

proceso

Calentamiento a 600-1100°C, ambiente de baja presión o presión normal.

El gas precursor (como TiCl₄+H₂+N₂→TiN) se introduce y reacciona y se deposita sobre la superficie del sustrato.

El tiempo de deposición fue de 28 horas y el espesor del recubrimiento fue de 520 μm .

Se pueden depositar recubrimientos multicapa (como TiN /Al₂O₃/ TiC) .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Características: Proceso de alta temperatura, revestimiento grueso, fuerte adhesión (50100 N), pero puede reducir la tenacidad del sustrato.

2.4 Posprocesamiento

Objetivo
Optimice la calidad de la superficie del recubrimiento, elimine el estrés y mejore el rendimiento.
paso
Pulido: utilice pasta de diamante o pulido láser para reducir la rugosidad de la superficie a Ra 0,050,2 μm (PVD) o Ra 0,10,4 μm (CVD).
Recocido (específico para CVD): recocido de 300 a 500 °C para aliviar el estrés térmico y evitar el agrietamiento del revestimiento.
Inspección de calidad: prueba de rayado (adhesión), inspección microscópica (homogeneidad), prueba de dureza (HV 18003500).

3. Materiales de recubrimiento comunes

Materiales de recubrimiento	Tecnología	Dureza (HV)	Resistencia a la temperatura (°C)	Coeficiente de fricción	Aplicaciones típicas
Estaño	Degradación por vapor/degradación por vapor	20002300	600800	0.40.6	de acero, acero inoxidable , corte en general.
TiAlN	Degradación fotovoltaica	28003300	800900	0.30.5	Corte en seco de alta velocidad de aleación de titanio y acero inoxidable.
Al2O3	ECV	18002000	10001100	0.30.5	Corte pesado, hierro fundido, acero endurecido.
Contenido descargable	Degradación fotovoltaica	20003000	400600	0.080.15	Aleación de aluminio, materiales compuestos, procesamiento fino.
TiCN	Degradación por vapor/degradación por vapor	25003000	600800	0.30.4	Acero para matrices, corte intermitente.
AlCrN	Degradación fotovoltaica	30003500	9001100	0.30.5	Procesamiento de aleación de alta temperatura y material duro.

4. Comparación de los procesos de recubrimiento PVD y CVD

característica	Recubrimiento PVD	Recubrimiento CVD
temperatura	150500°C, temperatura baja, las propiedades de la matriz	6001100°C, temperatura alta, puede reducir la

	permanecen inalteradas.	tenacidad de la matriz.
Espesor del recubrimiento	15 μm , fino y afilado, adecuado para procesamiento fino.	520 μm , grueso y duradero, adecuado para procesamiento rugoso.
Adhesión	3070 N, adecuado para condiciones de carga baja a media.	50100 N, adecuado para condiciones de alto impacto y carga pesada.
Calidad de la superficie	Ra 0,050,2 μm , filo afilado, excelente acabado.	Ra 0.10.4 μm , filo ligeramente romo, excelente desbaste.
Escenario de aplicación	Corte en seco de alta velocidad (aleación de titanio de aviación, componentes electrónicos), la vida útil se extiende 25 veces.	Corte húmedo de alta resistencia (hierro fundido, acero endurecido), la vida útil es 37 veces más larga.
Recubrimiento típico	TiAlN , DLC, AlCrN , adecuado para acero inoxidable y aleaciones de aluminio.	TiC , Al2O3, TiN /Al2O3, adecuado para hierro fundido y acero.

5. Tendencia de desarrollo de recubrimientos PVD y CVD

tendencia	Recubrimiento PVD	Recubrimiento CVD
Innovación tecnológica	Recubrimiento nano multicapa (como TiAlN / AlCrN) , dureza HV 4000, vida útil aumentada en un 30 %. PVD de baja temperatura (<100 °C), apto para sustratos de PCD/CBN. Recubrimiento autolubricante (como DLC/ grafeno) , coeficiente de fricción reducido a 0,05.	El CVD a baja temperatura (400-600 °C) reduce el daño al sustrato. Compuesto multicapa de micrones (como TiN /Al2O3/ TiC) con resistencia a temperaturas de hasta 1200 °C. CVD ecológico, precursores no tóxicos, lo que reduce la contaminación.
Extensiones de aplicación	Súper acabado, corte en seco, microherramientas (como electrónicas, médicas).	Corte de carga pesada, procesamiento de alta temperatura, moldes grandes (como automóviles y aviación).
Inteligente	La IA optimiza el espesor del recubrimiento (error < 0,1 μm) y los parámetros de deposición, aumentando la eficiencia en un 15%.	La monitorización en tiempo real de las reacciones de deposición mejora la uniformidad del recubrimiento en un 20%.

6. Conclusión

El proceso de recubrimiento de herramientas de carburo cementado mejora significativamente el rendimiento mediante la tecnología PVD y CVD. El PVD es adecuado para el acabado en seco de alta velocidad (como aleaciones de titanio y aluminio) a baja temperatura (150-500 °C) , recubrimiento fino (15 μm) y filo de corte afilado (Ra 0,05-0,2 μm) ; el CVD es adecuado para el desbaste con cargas pesadas (como fundición y acero endurecido) a alta temperatura (600-1100 °C), recubrimiento grueso (520 μm) y alta adhesión (50-100 N). El flujo del proceso incluye el pretratamiento, el pretratamiento del sustrato, la deposición del recubrimiento y el postratamiento. Materiales de recubrimiento comunes como TiN , TiAlN , Al2O3, DLC, etc., se adaptan a diversas condiciones de trabajo. En el futuro, los recubrimientos nanomulticapa, los procesos de baja temperatura y las tecnologías inteligentes mejorarán aún más la eficiencia, la vida útil y la protección

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ambiental de las herramientas recubiertas, y brindarán un soporte confiable para el procesamiento de alta precisión y alta carga.

apéndice:

Comparación de la tecnología de herramientas con recubrimiento PVD y CVD

Las herramientas recubiertas depositan películas delgadas sobre sustratos de carburo cementado o materiales superduros mediante deposición física de vapor (PVD) o deposición química de vapor (CVD), lo que mejora considerablemente la resistencia al desgaste, la resistencia a altas temperaturas y la vida útil de la herramienta. Se utilizan ampliamente en el procesamiento mecánico, la industria aeroespacial, la fabricación de automóviles, el procesamiento de moldes y otros campos. Este artículo compara sistemáticamente las herramientas con recubrimiento PVD y CVD desde el punto de vista de los principios de la tecnología de recubrimiento, las características de rendimiento, la influencia de los parámetros geométricos, los escenarios de aplicación, las ventajas y desventajas, y las tendencias de desarrollo, y proporciona una referencia para la selección de herramientas.

1. Principios y características de la tecnología de recubrimiento

categoría	Herramientas con recubrimiento PVD	Herramientas con recubrimiento CVD
Nombre completo	Deposición física de vapor	Deposición química de vapor
principio	El material objetivo se vaporiza mediante métodos físicos (como evaporación y pulverización catódica) para depositar una película delgada sobre la superficie del sustrato.	El precursor del gas se descompone a alta temperatura mediante reacción química y el recubrimiento se deposita sobre la superficie del sustrato.
Condiciones del proceso	Temperatura: 150-500 ° C. Entorno de vacío: 10 ⁻² a 10 ⁻⁴ Pa. Procesos típicos: pulverización catódica con magnetrón, descarga de arco.	Temperatura: 600-1100 ° C. Atmósfera: baja presión o presión normal. Procesos típicos: CVD térmico, CVD mejorado con plasma.
Materiales de recubrimiento	TiN , TiAlN , CrN , DLC (carbono tipo diamante), AlCrN , TiCN , etc.	TiC , TiN , Al2O3, TiCN , recubrimientos compuestos multicapa (como TiN /Al2O3/ TiC).
Espesor del recubrimiento	15 μm , delgado y uniforme, adecuado para procesamiento de precisión.	520 μm , recubrimiento grueso, adecuado para cortes pesados.

2. Características de rendimiento

actuación	Herramientas con recubrimiento PVD	Herramientas con recubrimiento CVD
dureza	HV 20003500 (TiAlN alcanza HV 3300), la resistencia al desgaste es 25 veces mejor que el sustrato.	HV 18002500 (Al2O3 es aproximadamente HV 2000), la resistencia al desgaste es 37 veces mejor que la del sustrato.
fricción coeficiente	0.080.3 (DLC mínimo 0.080.15), reduce la adhesión de viruta.	0,20,5, ligeramente superior al PVD, adecuado para cortes con carga elevada.
Resistencia a la temperatura	600900 °C (TiAlN puede alcanzar los 900 °C), adecuado para corte en seco de alta velocidad.	800-1100 °C (Al2O3 puede alcanzar 1100 °C), adecuado para corte a alta temperatura y carga pesada.
Adhesión	Medio (3070 N, prueba de rayado), adecuado para condiciones de baja tensión.	Alto (50100 N), adecuado para condiciones de carga pesada y fuertes impactos.
superficie	Rugosidad superficial Ra 0,050,2 μm , filo afilado, adecuado	La rugosidad de la superficie es Ra 0,10,4 μm , el

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

calidad	para acabado .	recubrimiento es más grueso, adecuado para el mecanizado en bruto.
Matriz Influencia	Proceso de baja temperatura, las propiedades del sustrato permanecen inalteradas, adecuado para sustratos de carburo cementado, CBN, PCD.	El proceso de alta temperatura puede provocar una disminución de la tenacidad de la matriz y es adecuado para sustratos de carburo cementado.

3. Influencia de los parámetros geométricos

El recubrimiento tiene un impacto significativo en el rendimiento de los parámetros geométricos de la herramienta (como el ángulo de ataque, el ángulo posterior y el radio del filo de corte) y debe optimizarse de acuerdo con las características del proceso.

Parámetros geométricos	Herramientas con recubrimiento PVD	Herramientas con recubrimiento CVD
Ángulo frontal	5°20°, el recubrimiento fino mantiene el filo afilado, el ángulo de ataque positivo (10°20°) es adecuado para materiales blandos (como aleación de aluminio).	0°15 °, el recubrimiento grueso desafilado ligeramente el filo, el ángulo de ataque pequeño (0°10°) es adecuado para materiales duros (como acero endurecido).
Ángulo trasero	5°15°, el revestimiento de baja fricción (como DLC) admite un ángulo de alivio grande (10°15°), lo que reduce el calor por fricción.	5°12°, el ángulo posterior más pequeño (5°8°) mejora la resistencia del filo y es adecuado para cortes de cargas pesadas.
Radio del filo de corte	0,0050,05 mm, revestimiento fino adecuado para superacabado (0,0050,01 mm).	0,020,1 mm, el recubrimiento grueso es adecuado para el mecanizado en bruto (0,050,1 mm).
Ángulo de hélice	30°45°, adecuado para procesamiento de alta velocidad, buena uniformidad de recubrimiento.	25°40°, los recubrimientos gruesos requieren un filo optimizado para mantener la evacuación de viruta.
Radio de la punta de la herramienta	0,10,8 mm, radio pequeño para acabado (0,10,2 mm), excelente calidad de superficie.	0,21,2 mm, gran radio para desbaste (0,81,2 mm), gran durabilidad.
Inclinación del filo de corte	5° a 5°, el revestimiento fino admite una inclinación positiva (3°5°), adecuado para piezas de paredes delgadas.	0°3°, los recubrimientos gruesos prefieren ángulos de inclinación pequeños para proteger el filo.

4. Escenarios de aplicación

categoría	Herramientas con recubrimiento PVD	Herramientas con recubrimiento CVD
Aplicaciones típicas	Fresas y brocas: Procesamiento a alta velocidad de acero inoxidable, aleaciones de titanio y de aluminio. Microherramientas: Acabado de componentes electrónicos y dispositivos médicos. Recubrimiento de herramientas PCD/CBN: Procesamiento de materiales compuestos y acero endurecido.	Herramientas de torneado y fresas: corte intensivo de fundición, acero y acero templado. Procesamiento de moldes : Procesamiento desbastado de moldes de estampación y embutición . Herramientas pesadas: Procesamiento de cigüeñales y engranajes de automóviles.
Ventajas de la aplicación	de corte es afilado, con una rugosidad superficial de Ra 0,05-0,2 μm , ideal para acabado. Proceso a baja temperatura, rendimiento estable de la matriz. Baja fricción, ideal para corte en seco, con un aumento de la	Recubrimiento grueso, resistente a altas temperaturas e impactos, apto para cortes con cargas pesadas. Alta adhesión, vida útil 37 veces superior a la del sustrato. Apto para corte en húmedo, con un aumento de la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	eficiencia del 20-30 %.	eficiencia del 1525 %.
Casos de aplicación	Fresado de aleaciones de titanio para aviación: Recubrimiento de TiAlN , vida útil 3 veces mayor, calidad superficial Ra 0,1 μm . Procesamiento de chips electrónicos: El recubrimiento DLC cuadruplica la vida útil de la herramienta.	Torneado de fundición automotriz: Recubrimiento de Al ₂ O ₃ /TiC , vida útil 5 veces mayor, velocidad de corte incrementada en un 20 %. Mecanizado de acero endurecido: Recubrimiento de TiN /Al ₂ O ₃ , resistente a temperaturas de hasta 1100 °C.

5. Comparación de ventajas y desventajas

categoría	Herramientas con recubrimiento PVD	Herramientas con recubrimiento CVD
ventaja	Recubrimiento fino, filo afilado, ideal para acabados de alta calidad. Proceso a baja temperatura, apto para diversos sustratos (carburo, CBN, PCD). Bajo coeficiente de fricción (DLC 0,08-0,15), reduce la adherencia, ideal para corte en seco a alta velocidad.	Recubrimiento grueso, resistente a altas temperaturas e impactos, apto para mecanizado de desbaste con cargas pesadas. Alta adhesión (50-100 N) y excelente resistencia al desprendimiento. Los recubrimientos compuestos multicapa (como TiN /Al ₂ O ₃) ofrecen una excelente resistencia a la temperatura (1100 °C).
defecto	El recubrimiento es más delgado (15 μm) y su resistencia al desgaste es ligeramente inferior a la del CVD, lo que lo hace adecuado para condiciones de carga baja a media. La adherencia es baja (3070 N) y puede desprenderse con un impacto fuerte.	El procesamiento a alta temperatura (600-1100 °C) puede reducir la tenacidad de la matriz. El recubrimiento es más grueso y el filo es ligeramente romo, lo que no es adecuado para el superacabado. La rugosidad superficial es relativamente alta (Ra 0,10,4 μm).

6. Tendencias de desarrollo

categoría	Herramientas con recubrimiento PVD	Herramientas con recubrimiento CVD
Tendencias tecnológicas	Recubrimiento nano multicapa: TiAlN / AlCrN alternado, dureza HV 4000, vida útil aumentada un 30 %. Proceso PVD a baja temperatura: temperatura reducida a 100 °C, apto para más sustratos. Recubrimiento autolubricante: compuesto de DLC/grafeno, coeficiente de fricción reducido a 0,05.	Compuesto multicapa a nivel micrométrico: Optimización del espesor de TiN /Al ₂ O ₃ / TiC , resistencia a temperaturas de hasta 1200 °C, vida útil prolongada en un 20 %. CVD a baja temperatura: la temperatura desciende a 400-600 °C, lo que reduce el daño al sustrato. CVD ecológico: precursor no tóxico, lo que reduce la contaminación.
Dirección del mercado	Las áreas de mecanizado fino, seco y de alta velocidad (como la aviación y la electrónica) están impulsando el desarrollo de recubrimientos ultradelgados y de baja fricción.	Los campos de procesamiento pesado, húmedo y rugoso (como automóviles y moldes) se centran en recubrimientos gruesos y en la optimización del rendimiento a alta temperatura.

7. Conclusión

Las herramientas recubiertas con PVD y CVD mejoran significativamente el rendimiento de las herramientas de carburo cementado o material superduro a través de diferentes tecnologías de deposición. Los recubrimientos de PVD son adecuados para acabado en seco de alta velocidad (como aleaciones de titanio de aviación y componentes electrónicos) con recubrimientos delgados

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

y afilados ($15\text{ }\mu\text{m}$), coeficientes de fricción bajos (0,080,3) y procesos de baja temperatura; los recubrimientos de CVD son adecuados para desbaste de servicio pesado (como hierro fundido automotriz y acero endurecido) con recubrimientos gruesos ($520\text{ }\mu\text{m}$), alta adhesión (50100 N) y excelente resistencia a la temperatura ($1100\text{ }^{\circ}\text{C}$). En términos de parámetros geométricos, el PVD admite filos de corte más afilados (radio $0,0050,05\text{ mm}$), mientras que el CVD es adecuado para filos de corte más duraderos (radio $0,020,1\text{ mm}$). En el futuro, los recubrimientos nano-multicapa, los procesos de baja temperatura y las tecnologías respetuosas con el medio ambiente promoverán avances en eficiencia, vida útil y fabricación ecológica para ambos, proporcionando soluciones diversificadas para el procesamiento de alta precisión y alta carga.

apéndice:

Tecnología de carburo cementado y materiales superduros

Debido a su alta dureza, resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas, el carburo cementado y los materiales superduros tienen importantes aplicaciones en la fabricación industrial, el corte, la minería y el mecanizado de precisión. Este artículo compara sistemáticamente el carburo cementado y los materiales superduros desde el punto de vista de su definición y composición, características de rendimiento, parámetros geométricos, escenarios de aplicación y ventajas y desventajas, proporcionando una referencia para la selección de materiales.

1. Definición y composición del carburo cementado y materiales superduros

categoria	carburo cementado	Materiales superduros
definición	Un material compuesto con carburo (como carburo de tungsteno) como fase dura y metal (como cobalto, níquel) como fase de unión, preparado mediante pulvimetalurgia.	Materiales extremadamente duros, principalmente diamante (natural o sintético) y nitruro de boro cúbico (CBN), utilizados en forma monocristalina o policristalina.
Elemento	Fase dura: carburo de tungsteno (WC, 8595 % en peso). Puede contener carburo de titanio (TiC) y carburo de tántalo (TaC). Fase aglutinante: cobalto (Co, 512 % en peso) o níquel (Ni, 510 % en peso). Aditivos: cromo (Cr), vanadio (V), molibdeno (Mo).	Diamante: Estructura de red covalente de átomos de carbono, monocristalina o policristalina (como el PCD). CBN: Estructura de diamante de átomos de nitrógeno de boro, monocristalina o policristalina (como el PCBN). Matriz: Matriz de cobalto, níquel, cerámica o carburo cementado.
preparación	Metalurgia de polvos (mezcla, prensado, sinterización), prensado isostático en caliente (HIP) para mejorar la densidad.	Procesos de alta presión y alta temperatura (HPHT), deposición química de vapor (CVD) o sinterización.

2. Características de rendimiento del carburo cementado y materiales superduros

actuación	carburo cementado	Materiales superduros
dureza	HRA 8892 (HV 14001800), superior al acero ordinario (HRC 2040).	Diamante: HV 800010000; CBN: HV 40005000
tenacidad	La tenacidad a la fractura es de 6,0 a 9,0 MPa·m ^{1/2} y tiene una fuerte resistencia al crecimiento de grietas.	Tenacidad a la fractura 4,0-7,0 MPa·m ^{1/2} (PCD es menor, PCBN es ligeramente mayor), relativamente frágil.
Resistencia al desgaste	Tasa de desgaste: 0,0080,015 mm ³ / N·m (ASTM G65), la vida útil es 515 veces la de los materiales ordinarios.	La tasa de desgaste es de 0,0010,005 mm ³ / N· m , que es 210 veces la del carburo cementado.
Resistencia a la temperatura	Rango de temperatura de funcionamiento de 20°C a 800°C, las formulaciones de recubrimiento (como TiAlN) pueden soportar 1000°C.	Diamante: la temperatura de oxidación es de aproximadamente 700 ° C; CBN: resistente a 1200-1400 ° C, adecuado para corte a alta temperatura.
Resistencia a la corrosión	Tasa de corrosión neutra o débilmente ácida (pH 49) <0,05 mm/año, la fórmula a base de níquel es resistente a pH 210.	Diamante: resistente a pH 114; CBN: ligeramente menos resistente al ácido pero mejor que el carburo cementado.
densidad	14.015.0 g/cm ³ , más pesado, adecuado para	Diamante: 3,5 g/cm ³ ; CBN: 3,4-3,5 g/cm ³ , ligero, adecuado

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	aplicaciones de alta rigidez.	para mecanizado de alta velocidad.

3. Parámetros geométricos del carburo cementado y de los materiales superduros (tomando como ejemplo herramientas de corte)

Los parámetros geométricos del carburo cementado y de los materiales superduros son cruciales en el diseño de herramientas y deben optimizarse según los materiales de procesamiento y las condiciones de trabajo.

Parámetros geométricos	Herramientas de carburo	Herramientas de material superduro (PCD/PCBN)
Ángulo frontal	0°20° (15°20° para materiales blandos, 0°5° o ángulo de ataque negativo para materiales duros).	PCD: 5°10° (metal no ferroso); PCBN: 5° a 0° (acero duro).
Ángulo trasero	5°15 °(10°15° para acabado, 5°8° para desbaste).	5°10°, un ángulo posterior más pequeño mejora la resistencia del filo.
Radio del filo de corte	0,010,1 mm (0,010,03 mm para acabado, 0,050,1 mm para desbaste).	0,0050,05 mm (superacabado 0,0050,01 mm).
Ángulo de hélice	30°45° (mecanizado de alta velocidad 40°45°).	25°35°, prioridad dada a la rigidez de la herramienta.
Radio de la punta de la herramienta	0,21,2 mm (0,20,4 mm para acabado, 0,81,2 mm para desbaste).	0,10,8 mm (0,10,2 mm para acabado).
Inclinación del filo de corte	5° a 5° (3° a 5° para piezas de paredes delgadas).	0°3°, pequeño ángulo de inclinación para proteger el filo.

4. Escenarios de aplicación del carburo cementado y materiales superduros

categoría	carburo cementado	Materiales superduros
Aplicaciones típicas	Herramientas: fresas, herramientas de torneado, brocas (para acero, acero inoxidable y fundición). Matrices: matrices de estampación, matrices de embutición (autopartes). Dientes de bola: dientes de pica, dientes de tunelización (minas, túneles). Boquillas: chorro de arena, pulverización.	Herramientas PCD: aleación de aluminio, materiales compuestos, procesamiento de madera. Herramientas PCBN: acero templado, procesamiento de fundición. Muelas de diamante: cerámica, rectificado de obleas de silicio. Brocas: exploración geológica, minería submarina.
Ventajas de la aplicación	Alta tenacidad, resistencia al impacto, costo moderado, adecuado para procesamiento general y condiciones de impacto.	Dureza extremadamente alta, acabado superior, excelente calidad de superficie (Ra 0,050,2 μm) , larga vida útil .
Casos de aplicación	Torneado de cigüeñales de automóviles: vida útil de 300 a 1500 horas, eficiencia aumentada en un 20 %. Pico para minería de carbón: vida útil de 500 a 2000 horas.	Fresado de materiales compuestos de aviación: rugosidad superficial Ra 0,1 μm . Procesamiento de engranajes de acero endurecido: vida útil 510 veces mayor.

5. Comparación de ventajas y desventajas entre el carburo cementado y los materiales superduros

categoría	carburo cementado	Materiales superduros

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ventaja	Alta tenacidad (resistencia a la fractura de 6,0 a 9,0 MPa·m ²), alta resistencia al impacto. Costo moderado, apto para producción en masa. El recubrimiento (como TiN o DLC) puede mejorar la resistencia al desgaste y a la temperatura.	Dureza extremadamente alta (HV 4000-10000), ideal para el procesamiento de materiales superduros. Excelente resistencia al desgaste; su vida útil es 210 veces superior a la del carburo cementado. El CBN es resistente a altas temperaturas (1200-1400 °C), ideal para corte en seco.
defecto	Su dureza es inferior a la de los materiales superduros y no es adecuado para su procesamiento. La fase de unión se ablanda a altas temperaturas y presenta una resistencia térmica limitada (800-1000 °C).	Baja tenacidad, fácil de romper, requiere máquinas herramienta de alta rigidez. Alto costo (520 veces mayor que el carburo cementado). El diamante no es adecuado para el mecanizado de materiales a base de hierro (fácil de carburizar).

6. Tendencia de desarrollo del carburo cementado y los materiales superduros

categoria	carburo cementado	Materiales superduros
Tendencias tecnológicas	Tecnología nanocristalina: tamaño de grano de 0,1 a 0,2 μm , dureza HRA 9294, tenacidad aumentada un 20 %. Carburo cementado sin cobalto: ecológico, reducción de costes del 10 al 15 %. Parámetros geométricos optimizados por IA: error <5 %, eficiencia aumentada un 15 %.	una tenacidad aumentada en un 40 %. Recubrimiento nano CVD: espesor de 0,52 μm , reducción del coste en un 20 %. Impresión 3D: precisión geométrica compleja de ±0,001 mm, reducción del ciclo en un 30 %.
Dirección del mercado	Con el continuo predominio del procesamiento general y de las condiciones laborales de impacto (como la minería y los moldes), la fabricación ecológica promueve la investigación y el desarrollo de fases de unión no tóxicas.	El mecanizado de ultraprecisión y el procesamiento de materiales de alta dureza (como la aviación y la electrónica) y la optimización de costos ampliarán el alcance de aplicación.

El carburo cementado y los materiales superduros se complementan a la perfección en aplicaciones industriales. El carburo cementado es adecuado para corte general, fabricación de moldes y condiciones de impacto gracias a su alta tenacidad y rentabilidad; los materiales superduros son aptos para ultraacabado y corte de materiales de alta dureza gracias a su altísima dureza y resistencia al desgaste. En cuanto a los parámetros geométricos, las herramientas de carburo cementado (como las de ángulo de ataque de 0°20°) priorizan el equilibrio entre tenacidad y eficiencia, mientras que las herramientas de materiales superduros (como las de radio de filo de 0,005 a 0,05 mm) priorizan la precisión y la durabilidad. En el futuro, la nanotecnología, los materiales compuestos y el diseño inteligente impulsarán avances en eficiencia, vida útil y rendimiento ambiental, impulsando la fabricación de alta precisión y eficiencia.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

apéndice:

Parámetros geométricos y optimización de herramientas de carburo cementado

Las herramientas de corte de carburo se utilizan ampliamente en mecanizado, industria aeroespacial, fabricación de automóviles, procesamiento de moldes y otros campos debido a su alta dureza, resistencia al desgaste y a las altas temperaturas. Los parámetros geométricos de las herramientas de corte afectan directamente el rendimiento de corte, la calidad superficial y la vida útil. Este artículo presenta en detalle los parámetros geométricos clave de las herramientas de corte de carburo y sus estrategias de optimización para mejorar la eficiencia del mecanizado y la durabilidad de la herramienta.

1. Principales parámetros geométricos de las herramientas de carburo cementado

Los parámetros geométricos de las herramientas de carburo cementado incluyen los siguientes elementos clave, cada uno de los cuales debe diseñarse con precisión según el material de procesamiento, las condiciones de corte y los escenarios de aplicación.

Ángulo de inclinación

Definición: El ángulo entre la cara de ataque y la superficie base de la herramienta, que afecta la fuerza de corte y el flujo de viruta.

Rango típico: 0° a 20° (ángulo de inclinación positivo para materiales blandos, ángulo de inclinación negativo para materiales duros).

Función: El ángulo de ataque positivo reduce la fuerza de corte y es adecuado para materiales blandos como aleaciones de aluminio y cobre; el ángulo de ataque negativo mejora la resistencia de la herramienta y es adecuado para materiales duros como acero y acero inoxidable.

Ángulo de espacio libre

Definición: El ángulo entre la cara posterior y el plano de corte, que reduce la fricción entre la herramienta y la pieza de trabajo.

Rango típico: 5° a 15° .

Función: Un ángulo posterior apropiado reduce el calor por fricción y mejora el acabado de la superficie; un ángulo posterior demasiado grande puede debilitar la resistencia de la hoja.

Radio del filo de corte

Definición: El radio del arco del filo afecta la resistencia y la calidad de la superficie de la herramienta.

Rango típico: 0,01-0,1 mm (radio pequeño para mecanizado de precisión, radio grande para mecanizado de desbaste).

Función: Un radio pequeño mejora la agudeza del corte y es adecuado para el acabado; un radio grande mejora la capacidad de la herramienta para resistir el astillado y es adecuado para cortes con cargas pesadas.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ángulo de hélice

Definición: El ángulo de inclinación helicoidal del filo de una fresa o broca a lo largo del eje, que afecta la descarga de viruta.

Rango típico: 30° a 45° (ángulos de hélice grandes para mecanizado de alta velocidad).

Función: El ángulo de hélice grande mejora la descarga de viruta y es adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio; el ángulo de hélice pequeño aumenta la rigidez de la herramienta y es adecuado para el procesamiento de carburo cementado.

Radio de la nariz

Definición: El radio de la punta de una herramienta de torneado o fresado, que afecta el acabado de la superficie y la vida útil de la herramienta.

Rango típico: 0,2-1,2 mm (radio pequeño para acabado, radio grande para desbaste).

Función: Un radio pequeño mejora el acabado de la superficie; un radio grande mejora la durabilidad de la herramienta y es adecuado para cortes de alto avance.

Ángulo de inclinación del filo de corte

Definición: El ángulo de inclinación entre el filo de corte y la superficie de la pieza de trabajo afecta la dirección del flujo de viruta y la dirección de la fuerza de corte.

Rango típico: 5° a 5°.

Función: La inclinación positiva aleja las virutas de la pieza de trabajo y es adecuada para el procesamiento de piezas de paredes delgadas; la inclinación negativa mejora la estabilidad de la hoja y es adecuada para materiales duros.

2. Estrategia de optimización de los parámetros geométricos de las herramientas de carburo

La optimización de los parámetros geométricos requiere una consideración exhaustiva de los materiales de procesamiento, la velocidad de corte, el avance y el rendimiento de la máquina herramienta para lograr un corte eficiente, una excelente calidad superficial y una larga vida útil. Las siguientes son estrategias clave de optimización:

Optimice los ángulos de inclinación y despeje según el material a procesar.

Materiales blandos (como aleaciones de aluminio)

Adopte un gran ángulo de ataque positivo (15°20°) y un gran ángulo de separación (10°15°) para reducir la fuerza de corte, mejorar el flujo de viruta y reducir la acumulación de filo.

Materiales duros (como acero endurecido)

Utilice un ángulo de ataque pequeño (0°5° o ángulo de ataque negativo) y un ángulo libre pequeño (5°8°) para mejorar la resistencia de la hoja y evitar que se astille el borde.

Caso de optimización

Al mecanizar aleación de titanio, un ángulo de ataque de 8°-12° combinado con un ángulo posterior de 10° puede equilibrar la fuerza de corte y la vida útil de la herramienta, aumentando la eficiencia entre un 15 y un 20 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ajuste el radio del borde para equilibrar la nitidez y la resistencia.

refinamiento

El radio del filo de corte es de 0,010,03 mm, lo que garantiza una rugosidad de la superficie Ra de 0,10,4 μm , lo que es adecuado para el procesamiento de piezas de aviación.

desbaste

El radio del filo de corte es de 0,050,1 mm, lo que mejora la resistencia al impacto y es adecuado para el procesamiento de moldes de trabajo pesado.

Caso de optimización

En el procesamiento de componentes electrónicos, un radio de filo de 0,02 mm puede mejorar la calidad de la superficie en un 30% y extender la vida útil de la herramienta en un 10%.

Ángulo de hélice optimizado para una mejor evacuación de viruta

Mecanizado de alta velocidad

El ángulo de hélice es de $40^{\circ}45^{\circ}$, lo que reduce la acumulación de viruta y es adecuado para acero inoxidable y aleaciones a base de níquel.

Procesamiento de alta rigidez

El ángulo de hélice es de $25^{\circ}30^{\circ}$, lo que aumenta la resistencia de la herramienta y es adecuado para materiales de carburo cementado o cerámicos.

Caso de optimización

Al fresar aleaciones de titanio, un ángulo de hélice de 42° puede reducir la adhesión de viruta y aumentar la eficiencia del mecanizado en un 25%.

Elija el radio de punta de la herramienta adecuado

refinamiento

El radio del arco es de 0,20,4 mm, lo que reduce la rugosidad de la superficie y es adecuado para pulir la superficie del molde.

desbaste

El radio del arco es de 0,81,2 mm, lo que mejora la durabilidad de la herramienta y es adecuado para el procesamiento de cigüeñales de automóviles.

Caso de optimización

Al torneado de acero inoxidable, un radio de arco de 0,4 mm puede reducir la rugosidad de la superficie en un 20% y extender la vida útil de la herramienta en un 15%.

Optimizar la inclinación del filo de corte según las condiciones de corte

Procesamiento de piezas de paredes delgadas

El ángulo de inclinación positivo de $3^{\circ}5^{\circ}$ aleja las virutas de la pieza de trabajo, lo que reduce la vibración y la deformación.

Procesamiento de materiales duros

Ángulo de ataque negativo de 3° a 0° , mejora la estabilidad del borde, adecuado para acero endurecido.

Caso de optimización

En el procesamiento de piezas de paredes delgadas de aleación de aluminio de aviación, un ángulo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de inclinación positivo de 4° puede reducir la deformación de la pieza de trabajo en un 30% y mejorar la precisión del procesamiento.

Aplicación de recubrimientos avanzados y optimización de microgeometría

Recubrimiento (como TiN , TiAlN , DLC)

Mejora la resistencia al desgaste y al calor, la resistencia a la temperatura puede alcanzar los 1000-1200 °C y la vida útil se extiende 23 veces.

Optimización de microgeometría

mediante bruñido láser para reducir el microastillado, haciéndolo adecuado para el mecanizado de ultraprecisión.

Caso de optimización

TiAlN combinado con un filo de corte de microarco de 0,008 mm aumenta la vida útil de la herramienta en un 40 % al mecanizar aleaciones de alta temperatura.

3. Escenarios de aplicación de los parámetros geométricos de las herramientas de carburo

Tipo de herramienta	Parámetros geométricos típicos	Escenario de aplicación	Efecto de optimización
Fresa	Ángulo de ataque 10°15°, ángulo de retroceso 10°, ángulo de hélice 40°, radio del filo de corte 0,02 mm	Fresado de aleación de aluminio de aviación	Eficiencia aumentada en un 20%, rugosidad superficial Ra 0,2 μm
herramienta de torneado	Ángulo de ataque 5°10°, ángulo posterior 8°, radio de punta 0,4 mm, ángulo de inclinación 0°	Torneado de acero inoxidable para automoción	La vida útil de la herramienta aumentó un 25% y las fuerzas de corte se redujeron un 15%
perforar	Ángulo de ataque 8°, ángulo de retroceso 12°, ángulo de hélice 35°, radio del filo de corte 0,03 mm	Perforación de agujeros en placas de circuitos electrónicos	Precisión del orificio ±0,005 mm, esperanza de vida aumentada en un 30 %
Herramientas de precisión	Ángulo de ataque 12°, ángulo posterior 10°, radio de la punta 0,2 mm, radio del filo de corte 0,01 mm	Procesamiento de implantes médicos	La calidad de la superficie mejoró en un 40% y la estabilidad del procesamiento mejoró

4. Conclusión

Los parámetros geométricos de las herramientas de carburo (como el ángulo de ataque, el ángulo de retroceso, el radio del filo, el ángulo de hélice, el radio de la punta y el ángulo de inclinación del filo) son los factores clave que determinan el rendimiento de corte y la vida útil de la herramienta. Al optimizar los parámetros geométricos para los materiales de procesamiento y las condiciones de trabajo, junto con recubrimientos avanzados y un diseño microgeométrico, se puede mejorar significativamente la eficiencia de procesamiento (20-50%), la calidad superficial (Ra 0,10,4 μm) y la vida útil de la herramienta (515 veces) .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

En el futuro, al utilizar IA para simular el proceso de corte y el diseño geométrico adaptativo, las herramientas de carburo satisfarán aún más las necesidades de procesamiento de alta precisión y alta eficiencia y brindarán un soporte confiable para la fabricación industrial.

apéndice:

Herramientas de torneado de carburo

Las herramientas de torneado de carburo son las herramientas de corte más básicas y ampliamente utilizadas en el campo del procesamiento mecánico. Gracias a su excelente dureza, resistencia al desgaste y tenacidad, desempeñan un papel fundamental en el mecanizado de tornos. Estas herramientas completan diversas tareas de mecanizado, como círculos exteriores, agujeros interiores, caras frontales, escalones, roscas y contornos complejos, mediante la rotación a alta velocidad de la pieza y el movimiento de avance axial o radial de la herramienta. Son equipos clave para lograr una fabricación de alta precisión y eficiencia. Las herramientas de torneado de carburo se basan en carburo de tungsteno (WC), con cobalto (Co) añadido como fase aglutinante, y se sinterizan mediante pulvimetalurgia. Los grados más comunes incluyen YG6 (con 94 % de tungsteno y cobalto, dureza moderada y alta tenacidad), YG8 (con 92 % de tungsteno y cobalto, mayor tenacidad), YT15 (con carburo de titanio, alta resistencia al calor) e YT30 (alta resistencia al calor y al desgaste). Estas combinaciones de materiales les permiten adaptarse a diversas necesidades, desde el procesamiento de desbaste hasta el procesamiento de precisión. Las herramientas se presentan en diversas formas, incluyendo estructuras de carburo integral, hojas de carburo soldadas o diseños de hojas reemplazables. El cuerpo de la herramienta suele estar hecho de acero o carburo de alta resistencia para garantizar la rigidez y la estabilidad.

1. Diseño y optimización de geometría

Los parámetros geométricos de las herramientas de torneado de carburo son fundamentales para optimizar su rendimiento. El ángulo de ataque (5° - $15^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$) afecta directamente la fuerza de corte y la formación de viruta. Entre 8° y 10° se utiliza habitualmente para el procesamiento de acero y fundición para equilibrar la resistencia y la eficiencia de corte, mientras que entre 12° y 15° se utiliza para metales no ferrosos y materiales compuestos para reducir la resistencia al corte. El ángulo de ataque (6° - 12°) controla el contacto entre la cara posterior de la herramienta y la pieza de trabajo. Entre 6° y 8° es adecuado para materiales duros (como acero endurecido) y entre 10° y 12° para materiales blandos (como aleaciones de aluminio). El ángulo de ataque secundario (1° - 3°) y el chafán del filo (0,1-0,2 mm) mejoran significativamente la resistencia al astillado y al impacto al reducir los puntos de concentración de tensión, especialmente en cortes intermitentes. El diseño del mango de la herramienta se centra en la rigidez y la supresión de vibraciones, y se utilizan comúnmente secciones transversales rectangulares o circulares. Algunas herramientas de torneado de alta gama integran ranuras de reducción de vibraciones o materiales amortiguadores para reducir el impacto de la resonancia. Para el mecanizado de agujeros profundos o ejes largos, algunas herramientas de torneado incorporan un diseño de ángulo de hélice (30° - 45°) para mejorar la eficiencia de evacuación de la viruta. El proceso de optimización geométrica suele combinarse con análisis de elementos finitos (FEA) y tecnología de simulación para garantizar la estabilidad de la herramienta en diferentes condiciones de trabajo. Además, el diseño de la ranura de escape de la viruta (profundidad de 1-3 mm) optimiza el flujo de viruta y evita obstrucciones, especialmente en mecanizados con alta velocidad de avance.

2. Recubrimiento y tratamiento de superficies

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 tecnología de recubrimiento es un eslabón clave para mejorar el rendimiento de las herramientas de torneado de carburo cementado. Los recubrimientos PVD (deposición física de vapor), como TiN (amarillo dorado, espesor 2-5 μm) y TiCN (negro grisáceo, espesor 3-6 μm), proporcionan resistencia primaria al desgaste y antiadherencia, adecuados para corte a baja velocidad y procesamiento de materiales blandos; los recubrimientos CVD (deposición química de vapor), como Al_2O_3 (blanco, espesor 5-15 μm) y TiAlN (negro púrpura, espesor 10-25 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$), tienen una resistencia a la temperatura de hasta 1000 °C y una fuerte resistencia a la oxidación, y son particularmente adecuados para corte a alta velocidad y condiciones de trabajo a alta temperatura (como acero y aleaciones de titanio). Las estructuras de recubrimiento multicapa (como TiN+ Al_2O_3 + TiCN) combinan las ventajas de diferentes recubrimientos para mejorar aún más la resistencia al desgaste, la resistencia al calor y el rendimiento antiadherente. El tratamiento de la superficie incluye pulido mecánico ($R_a < 0,2 \mu\text{m}$) para reducir la adhesión de viruta, pulido electrolítico o microtexturizado láser para formar una estructura microlubrificante y reducir el coeficiente de fricción. Además, algunas herramientas de torneado utilizan nanorrecubrimientos (como nano TiAlN, granos $< 50 \text{ nm}$) o recubrimientos de gradiente (la dureza cambia gradualmente de la superficie al interior) para mejorar la resistencia al desgaste local y la tenacidad, lo que es particularmente adecuado para el mecanizado de ultraprecisión. Las pruebas de adhesión del recubrimiento (como la prueba de rayado, carga crítica $> 70 \text{ N}$) garantizan la estabilidad a largo plazo.

3. Características técnicas y prestaciones

Velocidad de corte

100-500 m/min ($\pm 10 \text{ m/min}$), el rango de procesamiento de acero y fundición es de 100-300 m/min, y los metales no ferrosos y las aleaciones de aluminio pueden alcanzar 300-500 m/min. Los parámetros específicos deben ajustarse según la dureza del material y el rendimiento de la máquina herramienta.

dureza

HV 1800-2200 y YT (como YT15, YT30) pueden alcanzar HV 2200-2300 debido al contenido de carburo de titanio, que es adecuado para piezas de trabajo de alta dureza (como acero endurecido HV 500-700).

Tenacidad a la fractura

12-18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, la serie YG (como YG6, YG8) tiene mejor tenacidad debido a su mayor contenido de cobalto (6%-8%) y es adecuada para cargas de impacto o corte intermitentes.

Resistencia al desgaste

$< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, lo que ofrece un buen rendimiento sin recubrimiento. Tras el recubrimiento, puede reducirse a $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, lo que prolonga significativamente su vida útil.

Resistencia al calor

Hasta 1000 °C (recubrimiento CVD mejorado), adecuado para entornos de corte de alta temperatura como aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel.

Exactitud

$< 0,01 \text{ mm}$ ($\pm 0,001 \text{ mm}$), lo que cumple con los requisitos de alta precisión de piezas de precisión y procesamiento de moldes (como anillos de cojinetes, ejes de engranajes).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Requisitos de tramitación y solicitudes

Datos de corte

La velocidad de corte para el procesamiento de acero es de 200-400 m/min, la velocidad de avance es de 0,1-0,3 mm/r y la profundidad de corte es de 1-5 mm; la velocidad de corte para el procesamiento de aleación de titanio es de 50-150 m/min, la velocidad de avance es de 0,05-0,2 mm/r y la profundidad de corte es de 0,5-2 mm; la velocidad de corte para el procesamiento de aleación de aluminio es de 300-500 m/min, la velocidad de avance es de 0,2-0,4 mm/r y la profundidad de corte es de 1-4 mm.

Método de enfriamiento

El corte en seco es adecuado para hierro fundido, lo que reduce los costos de refrigerante; el corte húmedo (refrigerante a base de emulsión o aceite) es adecuado para acero y aleaciones de titanio para reducir el daño térmico; el mecanizado de alta velocidad (como las aleaciones de aluminio) requiere enfriamiento a alta presión (10-20 bar) para mejorar la eficiencia de eliminación de viruta.

Escenarios de aplicación :

Industria automotriz

El procesamiento de cigüeñales, árboles de levas, bielas y ejes de transmisión requiere alta precisión ($<0,01$ mm) y larga vida útil (>15 horas), y los recubrimientos YT15 y TiAlN se utilizan comúnmente.

Fabricación de moldes

Para el torneado de precisión de cavidades de moldes, moldes de estampación y moldes de plástico, se requiere una alta calidad superficial ($Ra < 0,4 \mu m$) y un procesamiento complejo de contornos. Se seleccionan recubrimientos de YG8 y Al_2O_3 .

Piezas de aviación

El procesamiento del círculo exterior de aleación de titanio, piezas de aleación de aluminio y componentes de aleación de magnesio requiere resistencia a altas temperaturas ($800^\circ C$) y antiadherencia, utilizando YW1 y revestimiento multicapa.

Maquinaria general

Para mecanizar ejes, manguitos y bridas, adecuado para grado general YG6.

Equipos de energía

Para el mecanizado de ejes de turbinas y piezas de compresores, que requieren resistencia a altas temperaturas y a la corrosión, se seleccionan los recubrimientos YT30 y CrN.

5. Desafíos y soluciones

Borde construido

El corte de acero y acero inoxidable es propenso a ocurrir. Las soluciones incluyen un diseño con un ángulo de ataque alto ($>10^\circ$), recubrimientos de baja fricción (como MoS_2) o corte intermitente.

Acumulación de calor

El corte de aleaciones de titanio y aleaciones de alta temperatura es común y requiere un enfriamiento eficiente (como enfriamiento por chorro) o una reducción de la velocidad de corte y el uso de recubrimientos resistentes al calor (como TiAlN).

borde de astillado

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Si es causado por un corte intermitente o una pieza de trabajo dura (como poros de hierro fundido), se utilizan grados de alta tenacidad (como YG8) y pasivación de bordes (R 0,1-0,15 mm) para mejorar la durabilidad.

Calidad de la superficie

Es probable que se produzcan marcas de vibración durante el acabado y es necesario optimizar la velocidad de avance ($<0,1$ mm/r) y utilizar un portaherramientas de alta rigidez.

Desgaste de la herramienta

Las piezas de trabajo de alta dureza (como el acero endurecido) se desgastan más rápido y requieren un afilado regular o el uso de recubrimientos altamente resistentes al desgaste (como recubrimientos de diamante).

6. Tendencias de optimización y desarrollo

Optimización estructural

Los canales de refrigerante internos integrados reducen la acumulación de calor, los insertos indexables están diseñados para un fácil reemplazo y control de costos, y los vástagos de amortiguación (con material de amortiguación) reducen la vibración.

Innovación de materiales

El nanocarburante (tamaño de grano $<0,5$ μm) mejora la dureza y la tenacidad, y el diseño del material en gradiente (alta dureza superficial y fuerte tenacidad interna) mejora la resistencia del borde.

Inteligente

Los sensores integrados monitorean el desgaste, la temperatura y la vibración, combinados con algoritmos de IA para optimizar los parámetros de corte en tiempo real, como el ajuste dinámico de la velocidad de avance y la profundidad de corte.

Tecnología de fabricación

La impresión 3D (fusión selectiva por láser SLM) permite crear estructuras complejas de cuerpos de herramientas (como canales de refrigeración integrados) para satisfacer las necesidades personalizadas de los sectores de la aviación y la medicina; la tecnología de deposición láser repara herramientas desgastadas.

Tendencias ambientales

Desarrollar recubrimientos de corte en seco (como recubrimientos compuestos de grafeno) para reducir el uso de refrigerante y materiales de herramientas reciclables para reducir el impacto ambiental.

Función compuesta

Algunas herramientas de torneado integran la función de corte por vibración ultrasónica para reducir la fuerza de corte y el calor, lo que es particularmente adecuado para materiales difíciles de cortar.

7. Vida útil y mantenimiento

La vida útil de la herramienta se ve afectada por los parámetros de corte, el material de la pieza y las condiciones de uso, con una vida útil promedio de 10 a 20 horas (± 1 hora), aproximadamente 15 horas para el procesamiento de acero y aproximadamente 10 horas para la aleación de titanio. El mantenimiento incluye el afilado regular (con muelas de diamante, error de ángulo $<0,5^\circ$), la reparación del recubrimiento (recubrimiento PVD) y el preajuste de la herramienta (medición láser,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

error $<0,005$ mm) para garantizar su estabilidad a largo plazo. Al final de su vida útil, la herramienta puede reciclarse y reutilizarse, y los materiales de tungsteno y cobalto se funden de nuevo en el horno, cumpliendo con los requisitos de desarrollo sostenible.

8. Normas y certificación de la industria

Las herramientas de torneado de carburo deben cumplir con las normas ISO (como la clasificación ISO 513) y las normas nacionales (como GB/T 2073-2013), y las certificaciones incluyen la certificación de seguridad CE y la certificación medioambiental RoHS. Si es necesario, se pueden proporcionar manuales técnicos detallados a los fabricantes CTIA GROUP (CTIA), Sandvik, Kennametal y Mitsubishi para guiar su selección y uso.

9. Clasificación detallada

Las herramientas de torneado de carburo se dividen en las siguientes categorías según el tipo de procesamiento, el material de la pieza y el uso previsto. Cada tipo de herramienta tiene sus propias características de diseño y aplicación:

Herramienta de torneado exterior

Se utiliza principalmente para mecanizar la superficie exterior de piezas de trabajo, como ejes y piezas cilíndricas. La hoja de la herramienta está diseñada con un filo o con dos filos, con un ángulo de ataque de 8° - 12° y un ángulo de retroceso de 6° - 10° . Se seleccionan los grados YG6 e YT15, y el chaflán del filo es de 0,1-0,15 mm para mejorar la resistencia al impacto. El recubrimiento de PVD (como TiN , espesor 3-5 μm) mejora la resistencia al desgaste. Velocidad de corte: 150-400 m/min, velocidad de avance: 0,1-0,3 mm/r, profundidad de corte: 1-5 mm, vida útil: 12-20 horas, precisión $<0,01$ mm, ampliamente utilizado en cigüeñales de automóviles, husillos de máquinas herramienta y ejes de transmisión.

herramienta de torneado interior

Diseñada para el mecanizado de superficies internas y aberturas, la herramienta tiene un mango delgado (5-20 mm de diámetro, 50-200 mm de longitud), un ángulo de ataque de 10° - 15° para reducir la resistencia al corte, un ángulo de retroceso de 8° - 12° y utiliza grados YG8 e YT30. El recubrimiento de CVD (como Al_2O_3 , espesor 10-20 μm) mejora la resistencia térmica. Velocidad de corte 100-300 m/min, velocidad de avance 0,05-0,2 mm/r, profundidad de corte 0,5-2 mm, vida útil 10-18 horas, precisión $<0,005$ mm, adecuada para el mecanizado de orificios internos de cilindros hidráulicos, anillos internos de rodamientos y manguitos de precisión.

Herramienta de torneado de extremos

Se utiliza para mecanizar extremos y escalones de piezas de trabajo. Ancho de cuchilla: 10-50 mm. Ángulo frontal: 5° - 10° para garantizar la resistencia y ángulo posterior: 6° - 8° . Recubrimiento de YG6 y Al_2O_3 . Pasivación del filo (R 0,1 mm) para mayor durabilidad. Velocidad de corte: 200-500 m/min, avance: 0,2-0,4 mm/r, profundidad de corte: 1-6 mm, vida útil: 15-25 horas, precisión $<0,01$ mm. Se utiliza comúnmente en el mecanizado de extremos de bridas, piezas de disco y cuerpos de bombas.

Herramienta para tornear roscas

Diseñada para el mecanizado de roscas internas y externas, la cuchilla incluye un filo triangular o trapezoidal, un ángulo de ataque de 5° - 8° para reducir la fuerza de corte, un ángulo de retroceso de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6°-10° y recubrimientos de YT15 y TiCN . La geometría de la cuchilla se personaliza según el paso (0,5-5 mm). Velocidad de corte: 50-200 m/min, avance: 0,05-0,15 mm/r, profundidad de corte: 0,5-2 mm, vida útil: 10-15 horas, precisión: <0,01 mm. Ampliamente utilizada en la fabricación de tuercas, tornillos y uniones de tuberías.

Herramienta de corte

Para el corte de piezas de trabajo o el procesamiento de segmentos, la cuchilla es estrecha (ancho de 2-5 mm), con un ángulo frontal de 0°-5° para mayor resistencia y un ángulo posterior de 6°-10°. Se utilizan recubrimientos YG8 y TiN , y cuenta con una estructura de soporte lateral. Velocidad de corte: 100-300 m/min, avance: 0,1-0,2 mm/r, profundidad de corte: 2-5 mm, vida útil: 8-12 horas, precisión: <0,02 mm. Ideal para el corte de barras, la segmentación de tubos y el corte de placas.

Herramienta de torneado de conformación

Para procesar contornos complejos y superficies no circulares, la cuchilla se personaliza según la forma de la pieza (como elipse, leva). El ángulo frontal es de 5°-15° y el posterior, de 6°-12°. Se seleccionan materiales YW1 y multicapa (como TiN+Al₂O₃) , y la cuchilla se pule (Ra <0,1 μm) para mejorar la calidad de la superficie. Velocidad de corte: 100-400 m/min, avance: 0,05-0,2 mm/r, profundidad de corte: 0,5-3 mm, vida útil: 10-18 horas, precisión: <0,01 mm . Se utiliza comúnmente en árboles de levas, moldes curvos y piezas de sección transversal no circular.

Herramienta de torneado de desbaste

Se prioriza la eliminación de excesos y la mejora de la eficiencia. Hoja resistente, ángulo de ataque de 5°-8° y ángulo de retroceso de 6°-8°. Se han seleccionado YG8 e YT30. El espesor de la hoja (2-3 mm) mejora la resistencia al impacto y el recubrimiento CVD (como TiAlN , espesor de 15-25 μm) mejora la resistencia al desgaste. Velocidad de corte: 100-250 m/min, avance: 0,3-0,6 mm/r, profundidad de corte: 2-10 mm, vida útil: 10-15 horas. Ideal para el procesamiento en bruto de palanquillas de fundición y acero.

herramienta de torneado fino

Enfoque en la calidad superficial y la precisión dimensional. Hoja afilada, ángulo de ataque de 10°-15° y ángulo de retroceso de 8°-12°. Recubrimiento YT15 y TiAlN . Filo de la hoja ligeramente pasivado (R 0,05-0,1 mm) para reducir las marcas de vibración. Velocidad de corte: 200-500 m/min, avance: 0,05-0,1 mm/r, profundidad de corte: 0,1-1 mm, vida útil: 15-25 horas, precisión <0,005 mm. Ampliamente utilizado en el acabado de anillos de rodamientos, ejes de engranajes y ejes de precisión.

10. Selección y emparejamiento

Las herramientas de torneado deben tener en cuenta el material de la pieza, el tipo de mecanizado y las capacidades de la máquina herramienta. Por ejemplo, para el mecanizado de desbaste de acero, elija las herramientas de torneado de desbaste YG8; para el mecanizado de precisión, elija las herramientas de torneado de precisión YT15; para el mecanizado de aleaciones de titanio, elija las herramientas de torneado cilíndrico exterior YW1 con recubrimiento de TiAlN ; y para el mecanizado de aleaciones de aluminio, elija las herramientas de torneado de conformado YG6 para reducir el atascamiento de la herramienta. La rigidez del husillo de la máquina herramienta (>500 Nm) y la precisión del sistema de avance (<0,01 mm/r) afectan directamente al rendimiento de la herramienta y deben ser compatibles para su uso.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Las herramientas de torneado de carburo desempeñan un papel importante en la fabricación moderna gracias a su versatilidad y alto rendimiento. Su diseño y aplicación deben seleccionarse en función del material de la pieza (como acero, fundición, aleación de titanio) y los requisitos de procesamiento (como precisión y velocidad), en combinación con tecnología de recubrimiento, optimización de geometría y refrigeración para prolongar la vida útil y mejorar la eficiencia.

Resumen de los tipos de herramientas de torneado de carburo

Tipo de herramienta	Ángulo de inclinación (°)	Ángulo de alivio (°)	Aplicable Marca	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de alimentación (mm/r)	Profundidad de corte (milímetros)	vida Hor	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
Herramienta de torneado exterior	8-12	6-10	YG6, YT15	Estaño (3-5 μm)	150-400	0,1-0,3	1-5	12-20	<0,01	Cigüeñal, eje principal , eje de transmisión
herramienta de torneado interior	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	Cilindro hidráulico, anillo interior del cojinete
Herramienta de torneado de extremos	5-10	6-8	YG6	Al ₂ O ₃	200-500	0,2-0,4	1-6	15-25	<0,01	Brida, piezas del disco, cuerpo de la bomba
Herramienta para tornear roscas	5-8	6-10	YT15	TiCN	50-200	0,05-0,15	0,5-2	10-15	<0,01	Tuercas, tornillos y accesorios para tuberías
Herramienta de corte	0-5	6-10	YG8	Estaño	100-300	0,1-0,2	2-5	8-12	<0,02	Corte de barras, segmentación de tubos, corte de placas
Herramienta de torneado de conformación	5-15	6-12	YW1	TiN + Al ₂ O ₃	100-400	0,05-0,2	0,5-3	10-18	<0,01	Árboles de levas, moldes curvos, piezas no redondas
Herramienta de torneado	5-8	6-8	YG8, YT30	TiAlN (15-25 μm)	100-250	0,3-0,6	2-10	10-15	-	Tochos de hierro

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

Tipo de herramienta	Ángulo de inclinación (°)	Ángulo de alivio (°)	Aplicable Marca	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de alimentación (mm/r)	Profundidad de corte (milímetros)	vida Hor	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
de desbaste										fundido, desbaste de acero
herramienta de torneado fino	10-15	8-12	YT15	TiAIN	200-500	0,05-0,1	0,1-1	15-25	<0,005	Anillos de cojinetes, ejes de engranajes, ejes de precisión

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

apéndice:

ISO 513:2012

Clasificación y aplicación de herramientas de materiales duros y recubrimientos duros Clasificación y aplicación de materiales de corte duros para la eliminación de metal con filos de corte definidos: designación de los principales grupos y grupos de aplicación

1 Alcance

1.1 Esta Norma Internacional especifica la clasificación y aplicación de materiales de corte duro, incluyendo carburos, cerámicas, diamante y nitruro de boro, para el mecanizado de metales con filos definidos

, y establece sus áreas de aplicación. 1.2 Esta norma se aplica al mecanizado por arranque de viruta y no está destinada a otros usos, tales como herramientas de minería y otras herramientas de impacto, matrices de trefilado de alambre, herramientas que operan por deformación de metal y puntas de contacto de comparadores.

1.3 Esta norma tiene por objeto proporcionar al usuario una guía para la selección de materiales de corte duro y especificar sus principales categorías y grupos de aplicación según los materiales de la pieza de trabajo y las condiciones de mecanizado.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos se referencian en esta norma y, por lo tanto, constituyen referencias normativas. Sus revisiones o modificaciones posteriores no son aplicables a esta norma, salvo que se especifique lo contrario. Se recomienda obtener las últimas versiones de estos documentos en el sitio web oficial de ISO.

ISO 3002-1:1984, Magnitudes básicas en corte y rectificado — Parte 1: Geometría de la parte activa de las herramientas de corte — Términos generales, sistemas de referencia, ángulos de herramienta y de trabajo, rompevirutas

ISO 1832:2017, Insertos indexables para herramientas de corte — Designación

ISO 23601:2009, Identificación de seguridad — Señales de plan de escape y evacuación

3 Términos y definiciones

Para el propósito de entender esta norma, se aplican los siguientes términos y definiciones:

3.1 Los materiales de corte duros

se refieren a materiales con alta dureza (generalmente superior a HV 1500) y resistencia al desgaste, utilizados para operaciones de corte de metales, incluidos carburo cementado, cerámica, diamante y nitruro de boro cúbico (cBN).

3.2 Eliminación de viruta

proceso de eliminación de material de la superficie de una pieza de trabajo mediante la interacción de la herramienta de corte con la pieza de trabajo, generalmente implicando un borde de corte definido.

3.3 Grupos principales

Categorías de materiales de corte duro basadas en la composición del material y las características de rendimiento, como P (acero), M (acero inoxidable), K (hierro fundido), etc. 3.4 **Grupos 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

aplicación

Subgrupos de materiales de corte duro para materiales de pieza de trabajo y condiciones de procesamiento específicos, utilizados para guiar la selección de herramientas.

4 Símbolos y abreviaturas

P : Acero y sus aceros fundidos

M : Acero inoxidable y aleaciones resistentes al calor.

K : Hierro fundido

N : Metal no ferroso

S : Materiales difíciles de procesar (como aleaciones de titanio, aleaciones de alta temperatura)

H : Acero endurecido (dureza > 50 HRC)

cBN : Nitruro de boro cúbico

PVD : Deposición física de vapor

CVD : Deposición química de vapor

5 Clasificación de materiales de corte duro

5.1 Categorías principales

Los materiales de corte duro se clasifican en las siguientes categorías principales según su composición e idoneidad:

Metales duros : A base de carburo de tungsteno (WC), se agrega cobalto (Co) como aglutinante y se pueden agregar carburos como TiC y TaC para mejorar el rendimiento.

Cerámica : incluye óxido de aluminio (Al_2O_3) y nitruro de silicio (Si_3N_4), adecuado para corte a alta velocidad.

Diamante : Natural o artificial, adecuado para metales no ferrosos y materiales compuestos.

Nitruro de boro cúbico (cBN) : Adecuado para acero de alta dureza y materiales difíciles de procesar.

5.2 Grupos de aplicación

En función del material de la pieza de trabajo y las condiciones de mecanizado, los grupos de aplicación de materiales de corte duros son los siguientes:

Grupo P : Adecuado para acero y sus fundiciones, velocidad de corte 100-400 m/min.

Grupo M : Adecuado para acero inoxidable y aleaciones resistentes al calor, velocidad de corte 50-200 m/min.

Grupo K : Adecuado para fundición, velocidad de corte 150-500 m/min.

Grupo N : Adecuado para aluminio, cobre y sus aleaciones, velocidad de corte 200-1000 m/min.

Grupo S : Adecuado para aleaciones de titanio y aleaciones de alta temperatura, velocidad de corte 20-100 m/min.

Grupo H : Adecuado para acero endurecido (dureza > 50 HRC), velocidad de corte 50-150 m/min.

5.3 Clasificación del recubrimiento

Recubrimiento PVD : incluido TiN , TiCN , AlTiN , con un espesor de 2-10 μm , adecuado para corte general.

Recubrimiento CVD : incluye TiN + Al_2O_3 + TiCN , espesor 5-20 μm , adecuado para condiciones de alta temperatura.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6 Guía de aplicación

6.1 Principios de selección

Seleccione el grupo de aplicación correspondiente según el material de la pieza de trabajo, por ejemplo, el Grupo P es adecuado para acero y el Grupo N es adecuado para aleación de aluminio. El recubrimiento y la geometría se seleccionan en función del tipo de mecanizado (desbaste, acabado).

Teniendo en cuenta el rendimiento de la máquina herramienta y las condiciones de enfriamiento, se recomienda el corte húmedo o el enfriamiento a alta presión para prolongar la vida útil de la herramienta.

6.2 Recomendaciones de parámetros de procesamiento

Velocidad de corte : Ajustable según el material y el tipo de herramienta, oscilando entre 20 y 1000 m/min.

Velocidad de avance : 0,05-0,5 mm/rev, ajustada según el diámetro del orificio o los requisitos de la superficie.

Profundidad de corte : 0,1-5 mm, dependiendo de la precisión del mecanizado y la resistencia de la herramienta.

6.3 Restricciones

Evite utilizar materiales especificados en esta norma en aplicaciones que no impliquen eliminación de viruta.

Para cargas de alto impacto, se recomiendan grados de alta tenacidad (como YG10).

7 Marcado e identificación

7.1 La identificación de materiales de corte duros deberá incluir la categoría del material, el grupo de aplicación y el tipo de recubrimiento, por ejemplo:

P30 TiAlN : indica grupo P, serie YT, recubrimiento TiAlN .

K20 CVD : Indica grupo K, serie YG, recubrimiento CVD.

7.2 El logotipo debe estar claramente impreso en la superficie de la herramienta o en el embalaje de acuerdo con las normas ISO 1832.

8 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Comparación de las propiedades de los materiales de corte duro

Tipo de material	Dureza (HV)	Tenacidad a la fractura (MPa·m ^{1/2})	Resistencia al calor (°C)	Aplicaciones típicas
carburo cementado	1500-2000	10-20	800-1000	Corte general
cerámica	1800-2500	3-8	1200	Corte de alta velocidad
Diamante	8000-10000	5-10	600	metales no ferrosos
BnB	4000-5000	6-12	1200	acero endurecido

Apéndice B: Tabla de correspondencia de grupos de aplicación y materiales de la pieza de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

trabajo

Grupo de aplicaciones	Ejemplos de materiales de piezas de trabajo	Velocidad de corte recomendada (m/min)
PAG	Acero al carbono, acero aleado	100-400
METRO	Acero inoxidable, acero resistente al calor.	50-200
K	Hierro fundido gris, hierro dúctil	150-500
norte	Aluminio, cobre, latón	200-1000
S	Aleación de titanio, aleación a base de níquel	20-100
H	Acero endurecido (50-65 HRC)	50-150

9 Información de publicación

Fecha de lanzamiento : 05/11/2012

Fecha de confirmación : 15/01/2018 (versión actual válida)

Número de norma internacional : ISO 513:2012

Comité Técnico : ISO/TC 29/SC 9 - Herramientas con filos de corte definidos

Código ICS : 25.100.01 (Herramientas de corte en general)

ilustrar

Lo anterior es una versión simulada basada en la estructura de la norma ISO 513:2012 y la información clave mencionada en los resultados de búsqueda (como clasificación, grupo de aplicación, tipo de recubrimiento, etc.). Dado que el texto oficial completo no está disponible, se asumieron algunos detalles técnicos (como el rango de dureza y los parámetros de corte) y se hizo referencia a las prácticas de la industria de las herramientas de carburo cementado. Estas suposiciones buscan mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma ISO 513:2012 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice:

GB/T 2073-2013

Herramientas de torneado de carburo Herramientas de torneado de carburo

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 2073-1998 "Herramientas de Torneado de Carburo". En comparación con la norma GB/T 2073-1998, los principales cambios técnicos son los siguientes: Se actualizaron la clasificación de materiales y los requisitos de rendimiento de las herramientas de torneado de carburo cementado;

Aumento de los requisitos para la tecnología de recubrimiento;

Tolerancias dimensionales ajustadas y estándares de calidad de superficie;

Se complementan los contenidos relevantes sobre protección ambiental y reciclaje.

Esta norma es competencia del Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas de Corte (SAC/TC 207). Las entidades redactoras de esta norma son: la Asociación de la Industria de Máquinas Herramienta de China, Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. y el Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica la clasificación, los requisitos de los materiales, las condiciones técnicas, los métodos de ensayo, el marcado, el embalaje, el transporte y el almacenamiento de las herramientas de torneado de carburo cementado.

1.2 Esta norma se aplica a las herramientas de torneado de carburo cementado, como las herramientas de torneado exterior, las herramientas de torneado de agujeros interiores, las herramientas de torneado de corte y las herramientas de torneado de roscas, que se utilizan para el corte de metales. 1.3 Esta norma no se aplica a las herramientas de torneado para fines especiales (como las herramientas de torneado para materiales no metálicos) ni a las herramientas de torneado que no estén hechas de carburo cementado.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 191-2008, Marcado pictórico para embalaje, almacenamiento y transporte

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 5319-2017, Parámetros geométricos y ángulos de herramientas de torneado

ISO 513:2012, Clasificación y aplicación de materiales duros y herramientas de corte con

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

revestimiento duro

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 Las herramientas de torneado de carburo cementado

están hechas de carburo de tungsteno (WC) como base, con cobalto (Co) u otros carburos (como TiC , TaC)

3.2 Las herramientas de torneado revestidas son herramientas de torneado con recubrimientos PVD o CVD (como

TiN , TiAlN) aplicado sobre el sustrato de carburo cementado para mejorar la resistencia al desgaste y la resistencia al calor.

3.3 Los parámetros geométricos

incluyen el ángulo de ataque, el ángulo posterior, el ángulo de inclinación del borde, etc., que afectan el rendimiento de corte y la calidad de la superficie.

4 categorías

4.1 Clasificación por finalidad:

Herramienta de torneado exterior : se utiliza para mecanizar superficies cilíndricas externas.

Herramienta de torneado interno : se utiliza para mecanizar la superficie del orificio interior.

Herramienta de corte : se utiliza para cortar o separar piezas de trabajo.

Herramienta de torneado de roscas : se utiliza para procesar superficies roscadas.

4.2 Clasificación por estructura:

Tipo integral : el cabezal de corte y el cuerpo de corte están formados en una sola pieza.

Tipo de soldadura : el cabezal de corte y el cuerpo de corte están conectados mediante soldadura.

Tipo indexable : Adopta una estructura con cuchillas reemplazables.

5 Requisitos técnicos

5.1 Requisitos de material

Los grados de carburo cementado deben cumplir con las disposiciones de la norma GB/T 2072-2006. Los grados más comunes son YG6 (dureza HV 1800-1900), YT15 (dureza HV 1900-2000) e YW2 (dureza HV 1800-2100).

Rango de contenido de cobalto: 4%-12%, ajustado según el uso.

5.2 Parámetros geométricos

Ángulo de ataque: 0° a 15° (ajustado según el material de la pieza de trabajo).

Ángulo de alivio: 6° a 12°.

Ángulo de inclinación de la cuchilla: -5° a 5°.

Para conocer los parámetros específicos, consulte GB/T 5319-2017.

5.3 Requisitos de recubrimiento

Tipo de recubrimiento: PVD (TiN , TiCN , AlTiN , espesor 2-10 μm) o CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-20 μm).

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70\text{ N}$.

Rugosidad superficial: $R_a \leq 0,2\text{ }\mu\text{m}$.

5.4 Dimensiones y tolerancias

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tolerancia de longitud de fresa: $\pm 0,5$ mm.

Tolerancia de ancho de hoja: $\pm 0,2$ mm.

Cumple con el estándar de precisión IT6 de GB/T 1800.1-2009.

5.5 Requisitos de rendimiento

Velocidad de corte: 50-400 m/min (dependiendo del material).

Resistencia al desgaste: $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$.

Resistencia al calor: hasta 1000°C (recubrimiento mejorado).

6 Métodos de prueba

6.1 La prueba de dureza se lleva a cabo

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2072-2006 utilizando un probador de dureza Vickers, con no menos de 3 puntos de prueba y se toma el valor promedio.

6.2 La prueba de adhesión del recubrimiento se lleva a cabo

de acuerdo con el Apéndice B de GB/T 5319-2017 utilizando un probador de rayado y registrando la carga crítica.

6.3 La prueba de rendimiento de corte se lleva a cabo en

una pieza de prueba estándar (acero n.º 45) y se registra la vida útil de corte (≥ 15 h).

7 Reglas de inspección

7.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

7.2 Los elementos de inspección incluyen el tamaño, la dureza, la adhesión del recubrimiento y el rendimiento de corte.

7.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

8 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

8.1 Logotipo

La marca (como YG6), el tamaño y la fecha de producción deben estar marcados en la superficie de la herramienta, por ejemplo: YG6-20×150-20230619.

La caja de embalaje debe estar acompañada de diagramas de almacenamiento y transporte de acuerdo con GB/T 191-2008.

8.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera o cartón.

8.3 Transporte y almacenamiento

Evitar temperaturas altas ($> 50^\circ\text{C}$) y humedad.

El período de almacenamiento es de 2 años y se requiere una nueva inspección después de su vencimiento.

9 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Comparación del rendimiento de las herramientas de torneado de carburo

Marca	Dureza (HV)	Tenacidad a la fractura ($\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)	Resistencia al calor ($^\circ\text{C}$)	Aplicaciones típicas
YG6	1800-1900	15-18	800	Aleación de aluminio,

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

Marca	Dureza (HV)	Tenacidad a la fractura (MPa·m ^{1/2})	Resistencia al calor (°C)	Aplicaciones típicas
				hierro fundido
YT15	1900-2000	12-15	1000	Acero
YW2	1800-2100	14-17	900	Aleación de titanio, acero

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-200	0,1-0,3	1-3
Aleación de aluminio	200-400	0,2-0,5	2-5
hierro fundido	150-300	0,1-0,4	1-4

10. Información de publicación

Fecha de lanzamiento : 19/06/2013

Fecha de entrada en vigor : 01/01/2014

Norma nacional n.º : GB/ T 2073-2013

Comité Técnico : SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS : 25.100.10 (Herramientas de torneado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión de simulación basada en la estructura de la norma GB/T 2073-2013 y la práctica industrial de herramientas de torneado de carburo cementado. Se asumen algunos detalles técnicos (como el rango de dureza y los parámetros de corte) y se hace referencia a normas nacionales similares (como GB/T 2072-2006) e ISO 513: 2012, con el fin de mantener la coherencia y la racionalidad del contenido. Sin embargo, se recomienda obtener el texto oficial de la norma GB/T 2073-2013 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice:

GB/T 1800.1-2009

Tolerancias y ajustes Parte 1:

Principios básicos y términos relacionados con las zonas de tolerancia

Tolerancias y ajustes

— Parte 1: Principios de las zonas de tolerancia y términos relacionados

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 1800.1-1998 "Principios Básicos y Términos Relacionados de Tolerancias y Zonas de Tolerancia de Ajuste". En comparación con la norma GB/T 1800.1-1998, los principales cambios técnicos son los siguientes:

Se actualizó el método de clasificación y cálculo de zonas de tolerancia;

Complementó la guía de aplicación de zonas de tolerancia en la tecnología de fabricación moderna;

La definición de términos se ha ajustado para alinearla con las normas internacionales (como la ISO 286-1).

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional de Normalización de Ingeniería Mecánica (SAC/TC 5). Las unidades de redacción de esta norma son: la Federación de la Industria de Maquinaria de China, la Escuela de Ingeniería Mecánica, la Universidad de Tsinghua y el Instituto de Investigación de Máquinas-Herramienta de Pekín. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica los principios básicos de las zonas de tolerancia en tolerancias y ajustes, incluyendo su definición, clasificación, método de marcado y términos relacionados.

1.2 Esta norma se aplica a la formulación y aplicación de tolerancias dimensionales en ingeniería mecánica, abarcando las zonas de tolerancia de dimensiones lineales y angulares. 1.3 Esta norma no se aplica a los requisitos específicos de rugosidad superficial, tolerancia de forma ni tolerancia de posición. Para más información, véanse las normas GB/T 1182 y GB/T 131.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 1182-2008, Método de marcado de tolerancias para tolerancias de forma y posición

GB/T 131-2006, Términos básicos, tipos y grados de tolerancia para límites y ajustes

ISO 286-1:2010, Especificaciones geométricas de productos (GPS) — Tolerancias geométricas —

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

Tolerancias de forma, orientación, ubicación y excentricidad — Parte 1: Generalidades, definiciones, símbolos, indicaciones en los dibujos

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 Tolerancia

El rango de desviación dimensional permitido, es decir, la diferencia entre el tamaño límite máximo y el tamaño límite mínimo.

3.2 Zona de tolerancia

El área geométrica dentro de un rango de tolerancia dado donde se permite la variación dimensional, definida por el grado de tolerancia y la desviación básica.

3.3 Desviación fundamental

La desviación cercana a la línea central de la zona de tolerancia, que determina la dirección y amplitud de la desviación de la zona de tolerancia.

3.4 Grado de tolerancia

Indica el nivel de tamaño de tolerancia, de IT01 (precisión extremadamente alta) a IT18 (baja precisión), un total de 18 niveles.

3.5 Ajuste

La relación entre las zonas de tolerancia de dos piezas acopladas, incluyendo ajuste libre, ajuste de transición y ajuste de interferencia.

4 Símbolos y abreviaturas

IT : Grado de tolerancia internacional

h : Desviación de referencia del agujero (por debajo de la línea cero)

js : Zona de tolerancia sin desviaciones

g : Desviación lateral del hueco

k : Desviación lateral de interferencia

H : Límite superior de la zona de tolerancia del agujero

P : Límite superior de la zona de tolerancia del eje

5 Principios básicos de la zona de tolerancia

5.1 Definición de zona de tolerancia

La zona de tolerancia es un área geométrica determinada por el tamaño básico, la desviación básica y el grado de tolerancia, que se utiliza para controlar la precisión del mecanizado de las piezas.

5.2 Clasificación de las zonas de tolerancia

Zona de tolerancia del agujero : Basada en el tamaño nominal del agujero, marcado como H, Js , etc.

Zona de tolerancia del eje : basada en el tamaño nominal del eje, marcado como h, k, etc.

La zona de tolerancia se divide en 28 tipos (de la A a la ZC) según la desviación básica. Para más detalles, consulte el Apéndice A.

5.3 Grado de tolerancia

Se divide en IT01, IT0, IT1 a IT18, y los valores se muestran en la Tabla 1.

La relación entre el grado IT y el valor de tolerancia es: valor de tolerancia = coeficiente de grado IT × función del tamaño básico.

5.4 Método de marcado

La zona de tolerancia se indica mediante la letra de desviación básica más el número de grado de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

tolerancia, por ejemplo 20H7, 25g6.

La marca debe colocarse junto a la marca de dimensión de acuerdo con GB/T 1182-2008.

6 Requisitos técnicos

6.1 Cálculo del valor de tolerancia.

El valor de tolerancia se determina en función del tamaño básico y el grado de tolerancia. La fórmula es la siguiente:

Valor de TI = $a \times D^b$ (donde D es la dimensión básica, a y b son coeficientes empíricos, véase la Tabla 1).

6.2 Desviación básica

La desviación básica del agujero es cero o negativa (H, Js) .

La desviación básica del eje puede ser positiva o negativa (h, k, g).

7 Apéndice (Normativo)

Apéndice A: Grado de tolerancia y valor de tolerancia

Grado de tolerancia	Rango de tamaño básico (mm)	Valor de tolerancia (μm)
IT6	18-30	16
IT7	18-30	25
IT8	18-30	40
IT9	18-30	63

Apéndice B: Tabla de desviación básica

Símbolo de desviación	Desviación básica (μm)	Ámbito de aplicación
H	0	Área de tolerancia del agujero
h	0	Zona de tolerancia del eje
g	+9 (18-30 mm)	Ajuste holgado
k	-10 (18-30 mm)	Ajuste por interferencia

8 Reglas de inspección

8.1 La inspección de tolerancia dimensional se realizará de acuerdo con GB/T 1182-2008 utilizando un calibrador vernier o un micrómetro.

8.2 El error de medición de la desviación de la zona de tolerancia no deberá superar el 10%.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

La información de la zona de tolerancia debe estar marcada en el embalaje del producto, como 20H7, de acuerdo con GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice un embalaje resistente a la humedad y colóquelo en cajas de cartón o de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evitar la luz solar directa y la humedad, temperatura de almacenamiento 0-40°C.

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

10. Información de publicación

Fecha de lanzamiento : 15/12/2009

Fecha de entrada en vigor : 01/07/2010

Norma nacional n.º : GB/ T 1800.1-2009

Comité Técnico : SAC/TC 5 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Ingeniería Mecánica

Código ICS : 17.040.10 (Límites y ajustes)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en las prácticas de la industria en cuanto a estructura, tolerancia y ajuste de la norma GB/T 1800.1-2009. Dado que el texto oficial completo no está disponible, se asumen algunos detalles técnicos (como valores de tolerancia y tablas de desviación) y se hace referencia al contenido relevante de la norma ISO 286-1:2010 y las normas de la serie GB/T. Estas suposiciones pretenden mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma GB/T 1800.1-2009 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice:

GB/T 2072-2006

Especificaciones del carburo cementado
Condiciones técnicas para aleaciones duras

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 2072-1994 "Condiciones Técnicas para el Carburo Cementado". En comparación con la norma GB/T 2072-1994, los principales cambios técnicos son los siguientes:
Se actualizaron los requisitos de clasificación y rendimiento del carburo cementado;
Aumento de los requisitos para la tecnología de recubrimiento;
Se ajustaron los métodos de detección y las reglas de inspección;
Se complementan los contenidos relevantes sobre protección ambiental y reciclaje.
Esta norma es competencia del Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Las entidades redactoras de esta norma son: la Asociación de la Industria de Máquinas Herramienta de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd. y el Instituto de Metales de Xi'an. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

- 1.1 Esta norma especifica la clasificación, requisitos de materiales, condiciones técnicas, métodos de prueba, reglas de inspección, marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de carburo cementado.
- 1.2 Esta norma se aplica a los productos de carburo cementado utilizados para herramientas de corte, moldes y piezas resistentes al desgaste, incluidos, entre otros, materiales para herramientas de torneado, fresas y brochas.
- 1.3 Esta norma no se aplica al carburo cementado para fines no cortantes (como herramientas de minería) ni a materiales preparados mediante procesos de sinterización no estándar.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 2073-2013, Herramientas de torneado de carburo

GB/T 5319-2017, Parámetros geométricos y ángulos de herramientas de torneado

ISO 513:2012, Clasificación y aplicación de materiales duros y herramientas de corte con revestimiento duro

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 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 El carburo cementado

es un material multifásico fabricado mediante la sinterización de carburo de tungsteno (WC) con cobalto (Co) u otros carburos (como

TiC , TaC) mediante pulvimetalurgia. 3.2 El carburo cementado revestido es un material con revestimiento PVD o CVD (como

TiN , TiAlN) aplicado sobre el sustrato de carburo cementado para mejorar la resistencia al desgaste y la resistencia al calor.

3.3 La densidad sinterizada es la masa

por unidad de volumen de carburo cementado después de la sinterización, lo que refleja su densidad.

4 categorías

4.1 Clasificación por composición del material:

Serie YG : Tipo tungsteno-cobalto (WC-Co), adecuado para el procesamiento de hierro fundido y metales no ferrosos.

Serie YT : tungsteno, titanio y cobalto (WC- TiC -Co), adecuado para el procesamiento de acero.

Serie YW : tungsteno, titanio, tántalo (niobio), cobalto (WC -TiC-TaC / NbC -Co), apto para condiciones de trabajo complejas.

4.2 Clasificación por uso:

Carburo cementado para herramientas de corte.

Carburo cementado para moldes y piezas resistentes al desgaste.

5 Requisitos técnicos

5.1 Composición química

Contenido de carburo de tungsteno (WC): 85%-95%.

Contenido de cobalto (Co): 4%-12%, ajustado según el grado.

Adición opcional de TiC , TaC , Contenido de NbC : 0%-10%.

5.2 Propiedades físicas

Dureza : HV 1500-2200 (dependiendo del grado).

Densidad : 12,5-15,0 g/cm³ .

Tenacidad a la fractura : 10-20 MPa·m^{1/2} .

5.3 Requisitos de recubrimiento

de recubrimiento: PVD (TiN , TiCN , espesor 2-10 μm) o CVD (TiN + Al₂O₃ , espesor 5-20 μm) .

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado ≥ 70 N.

Rugosidad superficial: Ra ≤ 0,2 μm .

5.4 Tolerancia dimensional

Tolerancia de espesor: ±0,1 mm.

Tolerancia de ancho: ±0,2 mm.

Cumple con el estándar de precisión IT7 de GB/T 1800.1-2009.

6 Métodos de prueba

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 La prueba de dureza se

lleva a cabo según GB/T 4340.1 utilizando un durómetro Vickers, con no menos de 5 puntos de prueba y se toma el valor promedio. 6.2 La prueba de densidad se

lleva a cabo según el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando el método de Arquímedes.

6.3 La prueba de adhesión del recubrimiento se lleva a cabo

según el Apéndice B de GB/T 5319-2017 utilizando un durómetro y registrando la carga crítica.

7 Reglas de inspección

7.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

7.2 Los elementos de inspección incluyen la composición química, la dureza, la densidad y la adhesión del recubrimiento. 7.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

8 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

8.1 Logotipo

El número de marca (como YG6), el tamaño y la fecha de producción deben estar marcados en la superficie del producto, por ejemplo: YG6-10×50-20250619.

La caja de embalaje debe estar acompañada de diagramas de almacenamiento y transporte de acuerdo con GB/T 191-2008.

8.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera o cartón.

8.3 Transporte y almacenamiento

Evitar temperaturas altas ($>50^{\circ}\text{C}$) y humedad.

El período de almacenamiento es de 2 años y se requiere una nueva inspección después de su vencimiento.

9 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Comparación del rendimiento de los grados de carburo cementado

Marca	Dureza (HV)	Densidad (g/cm ³)	Tenacidad a la fractura (MPa·m ^{1/2})	Aplicaciones típicas
YG6	1800-1900	14.8-15.0	15-18	Hierro fundido, metales no ferrosos
YT15	1900-2000	11.5-12.0	12-15	Acero
YW2	1800-2100	12.0-13.0	14-17	Aleación de titanio, acero

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-200	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-300	0,1-0,4	1-4

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Aleación de aluminio	200-400	0,2-0,5	2-5

10. Información de publicación

Fecha de lanzamiento : 30/12/2006

Fecha de implementación : 01/07/2007

Norma nacional n.º : GB/ T 2072-2006

Comité Técnico : SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS : 25.100.01 (Herramientas de corte en general)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en la estructura de la norma GB/T 2072-2006 y las prácticas de la industria del carburo cementado. Dado que el texto oficial completo no está disponible, se asumen algunos detalles técnicos (como el rango de dureza y los parámetros de corte) y se hace referencia a normas nacionales similares (como GB/T 2073-2013) e ISO 513:2012. Estas suposiciones buscan mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma GB/T 2072-2006 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice:

GB/T 5319-2017

Parámetros y ángulos de geometría de la herramienta de torneado

Parámetros geométricos y ángulos de las herramientas de torneado

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 5319-1998 "Parámetros geométricos y ángulos de las herramientas de torneado". En comparación con la norma GB/T 5319-1998, los principales cambios técnicos son los siguientes:

Se actualizó la clasificación y los valores recomendados de los parámetros geométricos de las herramientas de torneado;

Se agregó orientación sobre el ajuste del ángulo en las técnicas de corte modernas;

Ajustó los métodos de medición y las reglas de inspección;

Se complementan los requisitos especiales para herramientas de torneado de carburo.

Esta norma es competencia del Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Las entidades redactoras de esta norma son: la Federación de la Industria de Maquinaria de China, Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. y el Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica la definición, clasificación, valores recomendados, métodos de medición y reglas de inspección de parámetros geométricos y ángulos de herramientas de torneado.

1.2 Esta norma se aplica a herramientas de torneado de carburo, tales como herramientas de torneado exterior, herramientas de torneado interior, herramientas de torneado de corte y herramientas de torneado de roscas, cubriendo sus principales parámetros geométricos y ángulos. 1.3 Esta norma no se aplica a los parámetros geométricos de herramientas no cortantes o herramientas de torneado para usos especiales.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 2073-2013, Herramientas de torneado de carburo

ISO 3002-1:1984, Magnitudes básicas en corte y rectificado — Parte 1: Geometría de la parte activa de las herramientas de corte — Términos generales, sistemas de referencia, ángulos de herramienta y de trabajo, rompevirutas

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 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 La geometría de la herramienta

se refiere a las características de forma y tamaño de la parte cortante de la herramienta, incluyendo el ángulo de ataque, el ángulo de separación, el ángulo de inclinación del filo de corte, etc.

3.2 Ángulo de ataque

El ángulo entre la superficie frontal del filo de corte y el plano perpendicular a la dirección de la velocidad de corte, que afecta la fuerza de corte y la formación de viruta.

3.3 Ángulo de separación

El ángulo entre la superficie trasera del filo de corte y la superficie de la pieza de trabajo, que afecta la durabilidad de la herramienta y la calidad de la superficie.

4 Símbolos y abreviaturas

γ : Ángulo de ataque

α : Ángulo de espacio libre

λ : ángulo de inclinación

κr : Ángulo de aproximación

WC : carburo de tungsteno

5. Parámetros y ángulos de geometría de la herramienta de torneado

5.1 Principales parámetros geométricos

Ángulo de ataque (γ) : rango de 0° a 20° , ajustado según el material de la pieza de trabajo.

Ángulo de alivio (α) : varía de 6° a 15° para garantizar un corte suave.

Ángulo de ataque (λ) : varía de -5° a 5° y afecta el flujo de viruta.

Ángulo de ataque principal (κr) : varía de 45° a 90° y determina el ancho de corte.

5.2 Valores recomendados

Procesamiento de acero : $\gamma = 5^\circ-10^\circ$, $\alpha = 6^\circ-10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\kappa r = 75^\circ-90^\circ$.

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

Procesamiento de aleación de aluminio : $\gamma = 15^\circ-20^\circ$, $\alpha = 10^\circ-15^\circ$, $\lambda = 5^\circ$, $\kappa r = 45^\circ-60^\circ$.

5.3 Requisitos especiales

El ángulo frontal de las herramientas de torneado de carburo se puede ajustar según el rendimiento del recubrimiento. El γ recomendado para herramientas de torneado con recubrimiento se incrementa entre 2° y 5° .

El borde biselado (0,1-0,3 mm) es adecuado para cortes intermitentes y mejora la capacidad de resistir el astillado.

6 Métodos de medición

6.1 Medición de ángulos

De acuerdo con el Apéndice B de GB/T 2073-2013, utilice un instrumento de medición de ángulos con una precisión de $\pm 0,5^\circ$.

6.2 Medición del chaflán del borde

De acuerdo con ISO 3002-1, utilice un microscopio con un error de $\pm 0,05$ mm.

6.3 Inspección de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

parámetros geométricos

Realice pruebas de corte en piezas de prueba estándar y registre la morfología de la viruta y la rugosidad de la superficie.

7 Reglas de inspección

7.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

7.2 Los elementos de inspección incluyen el ángulo de ataque, el ángulo de retroceso, el ángulo de inclinación del filo y el ángulo de deflexión principal. 7.3 La desviación del ángulo es $\leq 1^\circ$; de lo contrario, se desechará.

8 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

8.1 Logotipo

Los parámetros geométricos (como $\gamma 10^\circ \alpha 8^\circ$) deben marcarse en la superficie del producto de acuerdo con GB/T 191-2008.

La caja de embalaje debe estar marcada con iconos de almacenamiento y transporte.

8.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera o cartón.

8.3 Transporte y almacenamiento

Evitar temperaturas altas ($>50^\circ\text{C}$) y humedad.

El período de almacenamiento es de 2 años y se requiere una nueva inspección después de su vencimiento.

9 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Tabla de correspondencia de parámetros geométricos y materiales de la pieza de trabajo

Material de la pieza de trabajo	Ángulo de ataque (γ)	Ángulo de alivio (α)	Ángulo de inclinación de la cuchilla (λ)	Ángulo de deflexión principal (κ)
Acero	$5^\circ-10^\circ$	$6^\circ-10^\circ$	0°	$75^\circ-90^\circ$
hierro fundido	$0^\circ-5^\circ$	$8^\circ-12^\circ$	-5°	$60^\circ-75^\circ$
Aleación de aluminio	$15^\circ-20^\circ$	$10^\circ-15^\circ$	5°	$45^\circ-60^\circ$

Apéndice B: Condiciones de prueba de corte

Material de la pieza de prueba: acero 45#

Velocidad de corte: 150 m/min

Velocidad de avance: 0,2 mm/rev

Profundidad de corte: 2 mm

10. Información de publicación

Fecha de lanzamiento : 29/12/2017

Fecha de entrada en vigor : 01/07/2018

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

Norma nacional n.º : GB/ T 5319-2017

Comité Técnico : SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS : 25.100.10 (Herramientas de torneado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en la práctica industrial de la estructura y los parámetros geométricos de las herramientas de torneado de la norma GB/T 5319-2017. Dado que el texto oficial completo no está disponible, este artículo asume algunos detalles técnicos (como el rango de ángulos y los parámetros de corte) y se refiere a normas nacionales similares (como GB/T 2073-2013) e ISO 3002-1:1984. Estas suposiciones pretenden mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma GB/T 5319-2017 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice

ISO 513:2012

Clasificación y aplicación de herramientas de materiales duros y recubrimientos duros **Clasificación y aplicación de materiales de corte duros para la eliminación de metal con filos** **de corte definidos**

— Designación de los grupos principales y grupos de aplicación

1 Alcance

1.1 Esta Norma Internacional especifica la clasificación y aplicación de materiales de corte duro, incluyendo carburos, cerámicas, diamantes y nitruro de boro cúbico (cBN), para el mecanizado de metales con filos de corte definidos, y establece métodos para designar sus principales categorías y grupos de aplicación.

1.2 Esta norma se aplica al mecanizado por arranque de viruta y no está destinada a otros usos tales como herramientas de minería, matrices de trefilado de alambre o herramientas que operan por deformación de metal. 1.3 Esta norma tiene por objeto proporcionar al usuario una guía para la selección de materiales de corte duro, recomendando materiales de herramientas y recubrimientos apropiados dependiendo del material de la pieza de trabajo y las condiciones de mecanizado.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos se referencian en esta norma y, por lo tanto, constituyen referencias normativas. Sus revisiones o modificaciones posteriores no son aplicables a esta norma, salvo que se especifique lo contrario. Se recomienda obtener las últimas versiones de estos documentos en el sitio web oficial de ISO.

ISO 3002-1:1984, Magnitudes básicas en corte y rectificado — Parte 1: Geometría de la parte activa de las herramientas de corte — Términos generales, sistemas de referencia, ángulos de herramienta y de trabajo, rompevirutas

ISO 1832:2017, Insertos indexables para herramientas de corte — Designación

ISO 15641:2001, Herramientas para prensado — Matrices y componentes de matrices de metal duro

3 Términos y definiciones

Para el propósito de entender esta norma, se aplican los siguientes términos y definiciones:

3.1 Los materiales de corte duro

son materiales con alta dureza (generalmente superior a HV 1500) y resistencia al desgaste utilizados para operaciones de corte de metales, incluidos carburo cementado, cerámica, diamante y nitruro de boro cúbico (cBN).

3.2 Eliminación de viruta

proceso de eliminación de material de la superficie de la pieza de trabajo mediante la interacción de la herramienta de corte con la pieza de trabajo, generalmente implicando un borde de corte definido.

3.3 Categoría principal

Clasificación de materiales de corte duro según la composición del material y las características de rendimiento, como P (acero), M (acero inoxidable), K (hierro fundido), etc.

3.4 Grupo de aplicación

Subgrupo de materiales de corte duro para materiales de pieza de trabajo específicos y condiciones

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 procesamiento, que se utilizan para guiar la selección de herramientas.

4 Símbolos y abreviaturas

P : Acero y sus aceros fundidos

M : Acero inoxidable y aleaciones resistentes al calor.

K : Hierro fundido

N : Metal no ferroso

S : Materiales difíciles de procesar (como aleaciones de titanio, aleaciones de alta temperatura)

H : Acero endurecido (dureza > 50 HRC)

cBN : Nitruro de boro cúbico

PVD : Deposición física de vapor

CVD : Deposición química de vapor

5 Clasificación de materiales de corte duro

5.1 Categorías principales

Los materiales de corte duro se clasifican en las siguientes categorías principales según su composición e idoneidad:

Metales duros : A base de carburo de tungsteno (WC), se agrega cobalto (Co) como aglutinante y se pueden agregar carburos como TiC y TaC para mejorar el rendimiento.

Cerámica : incluye óxido de aluminio (Al_2O_3) y nitruro de silicio (Si_3N_4), adecuado para corte a alta velocidad.

Diamante : Natural o artificial, adecuado para metales no ferrosos y materiales compuestos.

Nitruro de boro cúbico (cBN) : Adecuado para acero de alta dureza y materiales difíciles de procesar.

5.2 Grupos de aplicación

En función del material de la pieza de trabajo y las condiciones de mecanizado, los grupos de aplicación de materiales de corte duros son los siguientes:

Grupo P : Adecuado para acero y sus fundiciones, velocidad de corte recomendada 100-400 m/min.

Grupo M : Adecuado para acero inoxidable y aleaciones resistentes al calor, velocidad de corte recomendada 50-200 m/min.

Grupo K : Adecuado para fundición, velocidad de corte recomendada 150-500 m/min.

Grupo N : Adecuado para aluminio, cobre y sus aleaciones, velocidad de corte recomendada 200-1000 m/min.

Grupo S : Adecuado para aleaciones de titanio y aleaciones de alta temperatura, velocidad de corte recomendada 20-100 m/min.

Grupo H : Adecuado para acero endurecido (dureza > 50 HRC), velocidad de corte recomendada 50-150 m/min.

5.3 Clasificación del recubrimiento

Recubrimiento PVD : incluido TiN, TiCN, AlTiN, con un espesor de 2-10 μm , adecuado para corte general.

Recubrimiento CVD : incluye TiN + Al_2O_3 + TiCN, espesor 5-20 μm , adecuado para condiciones de alta temperatura.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6 Guía de aplicación

6.1 Principios de selección

Seleccione el grupo de aplicación correspondiente según el material de la pieza de trabajo, por ejemplo, el Grupo P es adecuado para acero y el Grupo N es adecuado para aleación de aluminio. El recubrimiento y la geometría se seleccionan en función del tipo de mecanizado (desbaste, acabado).

Teniendo en cuenta el rendimiento de la máquina herramienta y las condiciones de enfriamiento, se recomienda el corte húmedo o el enfriamiento a alta presión para prolongar la vida útil de la herramienta.

6.2 Recomendaciones de parámetros de procesamiento

Velocidad de corte : Ajustable según el material y el tipo de herramienta, oscilando entre 20 y 1000 m/min.

Velocidad de avance : 0,05-0,5 mm/rev, ajustada según el diámetro del orificio o los requisitos de la superficie.

Profundidad de corte : 0,1-5 mm, dependiendo de la precisión del mecanizado y la resistencia de la herramienta.

6.3 Restricciones

Evite utilizar materiales especificados en esta norma en aplicaciones que no impliquen eliminación de viruta.

Para cargas de alto impacto, se recomiendan grados de alta tenacidad (como YG10).

7 Marcado e identificación

7.1 La identificación de materiales de corte duros deberá incluir la categoría del material, el grupo de aplicación y el tipo de recubrimiento, por ejemplo:

P30 TiAlN : indica grupo P, serie YT, recubrimiento TiAlN .

K20 CVD : Indica grupo K, serie YG, recubrimiento CVD.

7.2 El logotipo debe estar impreso claramente en la superficie de la herramienta o el embalaje de acuerdo con la norma ISO 1832:2017.

8 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Comparación de las propiedades de los materiales de corte duro

Tipo de material	Dureza (HV)	Tenacidad a la fractura (MPa·m ^{1/2})	Resistencia al calor (°C)	Aplicaciones típicas
carburo cementado	1500-2000	10-20	800-1000	Corte general
cerámica	1800-2500	3-8	1200	Corte de alta velocidad
Diamante	8000-10000	5-10	600	metales no ferrosos

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tipo de material	Dureza (HV)	Tenacidad a la fractura (MPa·m ^{1/2})	Resistencia al calor (°C)	Aplicaciones típicas
BnB	4000-5000	6-12	1200	acero endurecido

Apéndice B: Tabla de correspondencia de grupos de aplicación y materiales de la pieza de trabajo

Grupo de aplicaciones	Ejemplos de materiales de piezas de trabajo	Velocidad de corte recomendada (m/min)
PAG	Acero al carbono, acero aleado	100-400
METRO	Acero inoxidable, acero resistente al calor.	50-200
K	Hierro fundido gris, hierro dúctil	150-500
norte	Aluminio, cobre, latón	200-1000
S	Aleación de titanio, aleación a base de níquel	20-100
H	Acero endurecido (50-65 HRC)	50-150

9 Información de publicación

Fecha de lanzamiento : 05/11/2012
Fecha de confirmación : 15/01/2018 (versión actual válida)
Número de norma internacional : ISO 513:2012
Comité Técnico : ISO/TC 29/SC 9 - Herramientas con filos de corte definidos
Código ICS : 25.100.01 (Herramientas de corte en general)

ilustrar

La versión anterior es una simulación basada en la estructura de la norma ISO 513:2012 y la información clave mencionada en los resultados de búsqueda (como clasificación, grupo de aplicación, tipo de recubrimiento, etc.). Dado que el texto oficial completo no está disponible, este texto asume algunos detalles técnicos (como rango de dureza y parámetros de corte) y se refiere a la práctica industrial de las herramientas de carburo cementado. Estas suposiciones buscan mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma ISO 513:2012 para garantizar su integridad y precisión.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

apéndice

Fresas de carburo

Las fresas de carburo desempeñan un papel indispensable en el campo del procesamiento mecánico. Con su excelente dureza, resistencia al desgaste y resistencia al impacto, se han convertido en herramientas irremplazables en el procesamiento de la fresadora. Estas fresas pueden completar flexiblemente las tareas de procesamiento de planos, ranuras, escalones, lados y superficies curvas complejas mediante rotación de alta velocidad, proporcionando un fuerte soporte para la producción eficiente de la fabricación moderna. Las fresas de carburo utilizan carburo de tungsteno (WC) como componente principal, complementado con cobalto (Co) como aglutinante, y en ocasiones se añade carburo de titanio (TiC) o carburo de tántalo (TaC) para mejorar aún más el rendimiento. Se sinterizan mediante un proceso de pulvimetalurgia de precisión. Los grados de material comunes como YG10 son particularmente adecuados para el corte intermitente debido a su excelente tenacidad; YT30 funciona bien en condiciones de alta temperatura debido a su excelente resistencia al calor; y YW2 es una opción ideal para una variedad de escenarios de procesamiento debido a su equilibrio de rendimiento integral. El diseño estructural de la fresa es diverso, con un cuerpo único de carburo integral y un diseño flexible con cuchillas reemplazables. El cuerpo de la fresa suele estar hecho de acero de alta resistencia o carburo para garantizar la rigidez y estabilidad necesarias durante la rotación a alta velocidad.

1. Diseño y optimización de geometría

El diseño geométrico de las fresas de carburo es fundamental para su eficiente funcionamiento. Los diseñadores ajustan cuidadosamente diversos parámetros para mejorar el efecto de corte y la calidad del procesamiento. El ángulo de hélice se suele fijar entre 30° y 45° . Este diseño no solo facilita la descarga de virutas con suavidad, sino que también reduce eficazmente la resistencia durante el corte. El ángulo de ataque positivo se controla generalmente entre 5° y 10° . Esta selección de ángulo reduce la fricción entre la herramienta y la pieza, lo que permite un corte más suave. Además, el diseño de ángulo R (0,5-2 mm) de la cuchilla mejora la resistencia del filo de la herramienta y prolonga su vida útil. Las fresas de extremo suelen estar equipadas con 2 a 4 filos de corte, con un rango de diámetro de 3 a 20 mm, lo que las hace especialmente adecuadas para el procesamiento de agujeros de diámetro pequeño o mecanizado fino; mientras que las fresas de planear son más grandes, con un diámetro de 50 a 200 mm, y el número de cuchillas varía de 4 a 12. Se utiliza un diseño multicuchilla para mejorar la eficiencia del fresado de grandes áreas. El diseño del mango de la herramienta se centra en la rigidez y la resistencia a las vibraciones, y suele ser cilíndrico o cónico. Algunos modelos de alta gama incluso incorporan ranuras de amortiguación de vibraciones o tecnología de equilibrado dinámico para garantizar la estabilidad a altas velocidades de hasta 20 000 rpm. La profundidad de la ranura para viruta se ajusta según los requisitos de procesamiento, generalmente entre 2 y 5 mm. Este diseño previene eficazmente el bloqueo de la viruta, lo cual es especialmente importante en tareas de procesamiento profundo.

2. Recubrimiento y tratamiento de superficies

La tecnología de recubrimiento ha inyectado nueva vitalidad a las fresas de carburo, lo que les permite rendir bien bajo diversas condiciones severas. Los recubrimientos PVD (deposición física

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de vapor) como TiN , que son de un atractivo amarillo dorado y generalmente de 2 a 5 micras de espesor, proporcionan protección inicial contra el desgaste y son particularmente adecuados para evitar la adhesión al procesar aleaciones de aluminio; los recubrimientos CVD (deposición química de vapor) como TiAlN , con su apariencia púrpura-negra y resistencia a la temperatura de hasta 1100 °C, se han convertido en la primera opción para el corte a alta temperatura de acero y aleaciones de titanio, y su espesor suele estar entre 10 y 25 micras. Las estructuras de recubrimiento multicapa, como TiN combinado con Al₂O₃ y TiCN , combinan múltiples ventajas de rendimiento, con un espesor de hasta 15 a 30 micras, mejorando aún más la resistencia al desgaste y la resistencia al calor. En términos de tratamiento de superficie, el proceso de pulido puede controlar la rugosidad de la superficie a Ra <0,2 micras, reduciendo efectivamente la adhesión de viruta; La tecnología de microtexturizado láser crea diminutas ranuras de lubricación en la superficie para reducir la fricción. Algunas fresas avanzadas incluso utilizan nanorrecubrimientos, como el nano- TiAlN (granos de menos de 50 nanómetros), especialmente indicado para tareas de mecanizado que requieren una precisión ultraalta. La prueba de adhesión del recubrimiento se realiza mediante una prueba de rayado, que requiere una carga crítica de más de 80 Newtons para garantizar que el recubrimiento no se desprenda durante el corte a alta velocidad.

3. Características técnicas y prestaciones

Las fresas de carburo tienen un excelente rendimiento técnico y proporcionan una garantía confiable para diversas tareas de procesamiento. Su velocidad de corte varía de 200 a 1000 metros por minuto, dependiendo del material de la pieza de trabajo. Por ejemplo, el acero suele ser de 200 a 400 metros por minuto, mientras que la aleación de aluminio puede alcanzar de 500 a 1000 metros por minuto. Los parámetros de procesamiento deben ajustarse de forma flexible según las propiedades del material y el rendimiento de la máquina herramienta. En términos de dureza, la dureza de la fresa generalmente está entre HV 1700 y 2100. Los productos de la serie YT pueden incluso alcanzar HV 2100 a 2200 gracias al carburo de titanio, que es suficiente para hacer frente a piezas de trabajo de alta dureza. La tenacidad a la fractura es de 14 a 20 MPa·m^{1/2}. La serie YG como YG10 tiene una tenacidad más fuerte debido al alto contenido de cobalto, que es particularmente adecuado para escenas que necesitan soportar un impacto de corte intermitente. La resistencia al desgaste es inferior a 0,04 milímetros cúbicos por Newton metro y puede reducirse aún más a 0,02 milímetros cúbicos por Newton metro tras el recubrimiento, lo que prolonga considerablemente la vida útil de la herramienta. En cuanto a la resistencia térmica, puede alcanzar hasta 1100 °C (gracias al recubrimiento CVD mejorado), lo que le permite mantenerse estable a altas temperaturas. La precisión de procesamiento se controla con un margen de error de 0,02 mm, suficiente para satisfacer los requisitos de superficies complejas y piezas de precisión.

4. Requisitos de tramitación y solicitudes

Los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación de las fresas de carburo reflejan sus características multifuncionales. Los parámetros de corte varían según el material. Por ejemplo, la velocidad de corte del acero suele ser de 200 a 400 metros por minuto, el avance es de 0,1 a 0,3 mm por diente y la profundidad de corte es de 1 a 5 mm; mientras que las aleaciones de aluminio requieren velocidades de corte más altas, de 500 a 1000 metros por minuto, el avance es de 0,2 a

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,5 mm por diente y la profundidad de corte puede alcanzar de 2 a 8 mm. La elección del método de refrigeración también es crucial. El corte en seco es adecuado para el procesamiento de aleaciones de aluminio y puede reducir el costo del uso de refrigerante; el corte húmedo con emulsión es más adecuado para el acero y puede reducir eficazmente el daño térmico; y para materiales difíciles de procesar, como las aleaciones de titanio, la refrigeración a alta presión (15-25 bar) puede mejorar significativamente la eficiencia de arranque de viruta y la vida útil de la herramienta. En aplicaciones prácticas, las fresas se utilizan a menudo en el campo aeroespacial para procesar láminas de aleación de aluminio y componentes de aleación de titanio, que requieren alta precisión y resistencia al calor; la industria del molde confía en ellas para fresar superficies complejas y matrices de estampación, centrándose en la finura de la calidad de la superficie; y en el procesamiento mecánico, se utiliza ampliamente en el procesamiento de piezas ranuradas y contornos de engranajes, lo que demuestra su versatilidad.

5. Desafíos y soluciones

Es inevitable encontrar algunos desafíos al usar fresas de carburo, pero estos problemas se pueden resolver eficazmente con soluciones científicas. La vibración es un problema importante durante el corte a alta velocidad, que se puede reducir mediante el uso de un mango amortiguador de vibraciones y la optimización del ángulo de hélice; la acumulación de calor en el procesamiento de aleaciones de titanio es un problema común, que se puede aliviar eficazmente equipándolo con un sistema de refrigeración eficiente y un recubrimiento resistente al calor (como TiAlN); el corte intermitente puede provocar fácilmente astillado, y el uso de grados de alta tenacidad como YG10 y pasivación de filos puede mejorar significativamente la durabilidad; si la rugosidad de la superficie no es ideal durante el acabado, el resultado se puede optimizar reduciendo la velocidad de avance y utilizando un recubrimiento de pulido. Juntas, estas soluciones garantizan el rendimiento confiable de la fresa en condiciones de trabajo complejas.

6. Tendencias de optimización y desarrollo

La optimización y el desarrollo de las fresas de carburo cementado reflejan la búsqueda de la eficiencia y la inteligencia en la industria. En cuanto a la optimización estructural, el canal de refrigeración interno integrado reduce eficazmente la acumulación de calor, el diseño de cuchilla reemplazable facilita su sustitución y reduce costes, y la tecnología de equilibrado dinámico mejora la estabilidad en operaciones de alta velocidad. En cuanto a la innovación de materiales, el carburo nanocementado mejora la dureza y la tenacidad gracias a sus granos finos (inferiores a 0,5 micras), y el diseño de material en gradiente permite que la cuchilla tenga una alta dureza y tenacidad. La tendencia hacia la inteligencia permite integrar sensores en la fresa para monitorizar el desgaste, la temperatura y la vibración en tiempo real, y ajustar dinámicamente los parámetros de corte mediante algoritmos de inteligencia artificial. En cuanto a la tecnología de fabricación, las tecnologías de impresión 3D, como la fusión selectiva por láser (SLM), permiten crear estructuras complejas para el cuerpo de la herramienta, como canales de refrigeración integrados, mientras que la tecnología de deposición láser permite reparar herramientas desgastadas. La tendencia de protección del medio ambiente ha promovido el desarrollo de recubrimientos de corte en seco (como los recubrimientos compuestos de grafeno), reduciendo la dependencia de los refrigerantes, mientras que el uso de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

materiales reciclables también reduce el impacto ambiental.

7. Vida útil y mantenimiento

La vida útil de las fresas de carburo varía según el material de la pieza y las condiciones de procesamiento, y generalmente oscila entre 5 y 15 horas, por ejemplo, unas 10 horas para el procesamiento de acero y hasta 15 horas para el procesamiento de aleaciones de aluminio. El mantenimiento incluye el afilado regular, el uso de muelas de diamante para garantizar un error de ángulo inferior a $0,5^\circ$, la reparación del recubrimiento mediante tecnología PVD para restaurar el rendimiento y el preajuste láser para garantizar un error inferior a 0,005 mm. Estas medidas pueden prolongar eficazmente la vida útil de la herramienta. Tras el desguace de la herramienta, los materiales de tungsteno y cobalto que contiene se pueden reciclar y reutilizar fundiéndolos y devolviéndolos al horno, lo que refleja el concepto de desarrollo sostenible.

8. Estándares y certificación de la industria

La producción y el uso de fresas de carburo deben cumplir con las normas internacionales y nacionales, como la ISO 15641 de la norma ISO y la serie GB/T de la norma nacional china, para garantizar la calidad y la seguridad. En cuanto a la certificación, la certificación de seguridad CE y la certificación medioambiental RoHS son esenciales. Fabricantes de renombre internacional como Sandvik, Kennametal y Mitsubishi ofrecen manuales técnicos detallados para ofrecer a los usuarios una guía profesional en la selección y el uso.

9. Clasificación de las fresas de carburo

Las fresas de carburo se pueden dividir en varias categorías según los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación, cada tipo tiene su propio diseño y propósito únicos:

Fresa de extremo

Esta fresa está fabricada en carburo sólido, con 2 a 4 filos de corte y un diámetro de entre 3 y 20 mm. El ángulo de ataque está ajustado entre 5° y 10° , el ángulo de retroceso entre 6° y 12° , se ha seleccionado la calidad YG10 y se ha aplicado una capa de TiN (espesor de 2 a 5 micras) para mejorar la resistencia al desgaste. La velocidad de corte oscila entre 200 y 600 metros por minuto, y la precisión de procesamiento es inferior a 0,02 mm, lo que la hace ideal para agujeros de diámetro pequeño y tareas de mecanizado de precisión.

Fresa de planear

La fresa de planear presenta un diseño de plaquita reemplazable, con un número de cuchillas de 4 a 12 y un rango de diámetro de 50 a 200 mm, ideal para fresado de grandes superficies. El ángulo de ataque es de 5° a 8° , el ángulo de retroceso de 6° a 10° y se ha seleccionado la calidad YT30. El recubrimiento de TiAlN (espesor de 10-25 micras) proporciona una alta resistencia térmica. La velocidad de corte es de 300 a 1000 metros por minuto y la precisión es inferior a 0,02 mm. Se utiliza ampliamente en fresado plano y procesamiento de moldes.

Fresas de punta esférica

Las fresas de punta esférica son conocidas por sus filos de corte esféricos, con diámetros de 6 a 30 mm, ángulos de ataque de 10° a 15° y ángulos de retroceso de 8° a 12° , y calidades YW2. Están recubiertas con múltiples capas para ofrecer resistencia al desgaste y al calor. Su velocidad de corte

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

es de 200 a 500 m/min y su precisión es inferior a 0,01 mm, lo que las hace especialmente adecuadas para el mecanizado de superficies curvas complejas en piezas de aviación.

Fresa de conformación

El filo de esta fresa se personaliza según la forma específica de la pieza, con un diámetro de entre 10 y 50 mm, un ángulo de ataque de 5° a 15°, un ángulo de retroceso de 6° a 12° y una calidad YG10. El recubrimiento de CrN proporciona mayor resistencia a la corrosión. La velocidad de corte es de 100 a 400 metros por minuto y la precisión es inferior a 0,02 mm. Se utiliza ampliamente en contornos especiales y fabricación de moldes.

Fresa de desbaste

Las fresas de desbaste se distinguen por su robusto diseño de cuchillas, con entre 4 y 8 cuchillas, diámetros de 20 a 100 mm, ángulos de ataque de 5° a 8° y ángulos de retroceso de 6° a 8°, calidad YG8 y recubrimiento de TiAlN (espesor de 15-25 micras) para mejorar la resistencia al desgaste. Las velocidades de corte oscilan entre 200 y 400 m/min, las profundidades de corte entre 2 y 10 mm y son ideales para el desbaste de fundición y acero.

Fresa de acabado

La fresa de precisión tiene filos afilados, de 2 a 6 filos, un diámetro de 5 a 30 mm, un ángulo frontal de 10° a 15° y un ángulo posterior de 8° a 12°, y utiliza el grado YT15. El recubrimiento de TiCN proporciona una protección de alta precisión. La velocidad de corte es de 300 a 800 metros por minuto, la profundidad de corte es de 0,1 a 2 mm y la precisión es inferior a 0,01 mm. Se utiliza ampliamente en el acabado de engranajes y piezas de precisión.

10. Selección y emparejamiento

La elección de la fresa de carburo adecuada requiere una consideración exhaustiva del material de la pieza y el tipo de mecanizado. Por ejemplo, para el mecanizado de acero, la fresa de planear YT30 es la opción ideal; para aleaciones de aluminio, la fresa de extremo YG10 evita eficazmente el atascamiento; y para el mecanizado de aleaciones de titanio, la fresa de extremo esférico YW2 con revestimiento resistente al calor es más adecuada. El rendimiento de la máquina herramienta también es crucial: la potencia del husillo debe superar los 5 kilovatios y la velocidad debe alcanzar más de 10 000 revoluciones por minuto para aprovechar al máximo el potencial de la fresa.

11. Resumen de los tipos de fresas de carburo

cuchillos tipo	Número de cuchillas	diámetro (milímetros)	Ángulo frontal (°)	Ángulo trasero (°)	Aplicable Marca	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
Fresa de extremo	2-4	3-20	5-10	6-12	YG10	TiN (2-5 μm)	200-600	1-5	<0,02	Mecanizado de agujeros y ranuras
Fresa de planear	4-12	50-200	5-8	6-10	YT30	TiAlN (10-25 μm)	300-1000	2-8	<0,02	Fresado de superficies, moldes
Fresas de	-	6-30	10-15	8-12	YW2	Recubrimiento	200-500	0,5-3	<0,01	Superficies

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

cuchillos tipo	Número de cuchillas	diámetro (milímetros)	Ángulo frontal (°)	Ángulo trasero (°)	Aplicable Marca	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
punta esférica						multicapa				complejas, piezas de aviación.
Fresa de conformación	-	10-50	5-15	6-12	YG10	CrN	100-400	1-4	<0,02	Perfiles especiales, moldes
Fresa de desbaste	4-8	20-100	5-8	6-8	YG8	TiAlN (15-25 µm)	200-400	2-10	-	Mecanizado en bruto, fundición
Fresa de acabado	2-6	5-30	10-15	8-12	YT15	TiCN	300-800	0,1-2	<0,01	Acabado, Engranajes

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento , satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción , química y militar, entre otros . Si necesita fresas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com
Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son las fresas de carburo?

(1) Descripción general de las fresas de carburo

Las fresas de carburo son herramientas de corte de excelente rendimiento, ampliamente utilizadas en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes y otros campos industriales que requieren alta precisión y eficiencia de producción. Esta herramienta se distingue por su excelente resistencia al desgaste, alta dureza y excelente capacidad de corte. Es una herramienta de corte rotativa versátil que permite realizar tareas de corte complejas en diversas condiciones de procesamiento. Su diseño permite utilizar los filos de corte del extremo y la periferia para el procesamiento axial y radial simultáneamente, lo que las hace especialmente adecuadas para el procesamiento de ranuras, bordes, contornos y superficies tridimensionales complejas. Su amplia aplicación se debe a las propiedades especiales de los materiales de carburo, que soportan altas cargas y altas temperaturas, lo que les confiere un excelente rendimiento en el procesamiento de materiales de alta resistencia como acero inoxidable, aleaciones de titanio y acero endurecido. Además, las fresas de carburo se utilizan a menudo en combinación con máquinas herramienta CNC y centros de mecanizado modernos para aprovechar al máximo su potencial de corte eficiente, especialmente en entornos que requieren alta precisión y procesamiento de geometrías complejas. Ya sea para el procesamiento manual de piezas pequeñas o la producción en masa de piezas grandes, las fresas de carburo ofrecen soluciones de procesamiento fiables y se convierten en una herramienta esencial en la fabricación moderna. Su flexibilidad también reside en su capacidad de personalización según los diferentes materiales de las piezas y los requisitos de procesamiento, satisfaciendo así las diversas necesidades industriales.

(2) Materiales y fabricación de fresas de carburo

El material de fabricación de las fresas de carburo cementado es fundamental para su rendimiento. Suelen estar hechas de carburo de tungsteno (WC) como componente principal, complementado con cobalto (Co) como aglutinante, y sinterizadas mediante tecnología pulvimetalúrgica avanzada. Este material compuesto logra un equilibrio entre alta dureza y tenacidad mediante una formulación precisa y un control de proceso preciso, lo que garantiza que la herramienta se mantenga afilada durante el corte, a la vez que resiste el riesgo de rotura. La selección del grado específico de carburo cementado depende de las características del material de procesamiento. Los grados comunes incluyen:

YG6: Con un contenido de cobalto aproximado del 6%, una dureza de entre 1800 y 1900 HV y una resistencia a la flexión de entre 1800 y 2000 MPa, presenta buena resistencia al desgaste y al impacto, siendo especialmente adecuado para procesar hierro fundido, metales no ferrosos (como aluminio y cobre) y algunos materiales de dureza media. Se utiliza ampliamente en cortes generales.

YT15: Contiene carburo de titanio y carburo de tungsteno, con un rango de dureza de HV 1900-2000 y una resistencia a la flexión de aproximadamente 1600-1800 MPa. Es adecuado para el procesamiento de acero y acero aleado. Gracias a su alta estabilidad a altas temperaturas, es especialmente adecuado para el corte continuo.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

El carburo de niobio son Con un rango de dureza de HV 1800-2100 y una resistencia a la flexión de aproximadamente 1700-1900 MPa, es especialmente adecuado para el procesamiento de materiales difíciles de procesar, como aleaciones de titanio, aleaciones a base de níquel y acero inoxidable, y es apto para el sector aeroespacial.

El proceso de fabricación comienza con la mezcla precisa de materias primas de alta pureza para garantizar una distribución uniforme de los ingredientes, seguida de un prensado a alta presión y una sinterización prolongada (generalmente de 6 a 12 horas) en un horno de sinterización de alta temperatura a 1400 °C-1500 °C para asegurar la densidad y uniformidad del material. La pieza sinterizada se somete a múltiples procesos de rectificado y pulido de precisión, y la agudeza de la cuchilla se pule finamente con una precisión micrométrica (rugosidad superficial $Ra \leq 0,1$ micras) para garantizar la calidad del corte. Además, para mejorar aún más el rendimiento, muchas fresas de carburo modernas aplican recubrimientos de deposición física de vapor (PVD) o deposición química de vapor (CVD) sobre la superficie. Los recubrimientos más comunes incluyen:

TiN (nitruro de titanio): De color amarillo, con un espesor de 2 a 5 micras y una dureza de aproximadamente 2000 a 2500 HV. Mejora significativamente la resistencia al desgaste y a la oxidación, y es adecuado para el procesamiento general del acero.

TiCN (carbonitruro de titanio): azul o morado, 3-6 micrones de espesor, dureza alrededor de 2500-3000 HV, antiadherencia mejorada y vida útil de corte, especialmente adecuado para aleaciones de aluminio y acero inoxidable.

Al_2O_3 (óxido de aluminio): Es blanco, de 5 a 10 micras de espesor y tiene una dureza de aproximadamente 3000 HV. Es adecuado para entornos de corte de alta temperatura, como el mecanizado de acero endurecido o aleaciones de alta temperatura.

Estos recubrimientos se depositan en un entorno de vacío o gas inerte y pueden reducir eficazmente la fricción y evitar la adhesión entre la herramienta y el material de la pieza de trabajo, extendiendo así la vida útil, especialmente en condiciones de corte a alta velocidad ($V_c > 300$ m/min) o corte en seco.

(3) Tipos y estructuras de fresas de carburo

Las fresas de carburo se pueden clasificar en varios tipos según su uso y diseño. Cada tipo está optimizado para necesidades de procesamiento específicas. A continuación, se detalla su clasificación y sus características:

Fresas de extremo de mango recto

El vástago es cilíndrico, con un rango de diámetro de 3 mm a 32 mm. Adopta métodos de sujeción estandarizados (como mandriles de resorte o mandriles hidráulicos), apto para tareas generales de fresado y ampliamente utilizado en máquinas herramienta pequeñas y operaciones manuales. Presenta una estructura simple y es fácil de instalar. Es adecuado para el procesamiento de piezas pequeñas y medianas, especialmente para líneas de producción flexibles que requieren cambios frecuentes de herramientas.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fresa de extremo de vástago

Con un diseño de cono Morse o 7:24, el diámetro del extremo pequeño del vástago cónico varía de 16 mm a 50 mm. Este diseño proporciona una mayor rigidez de sujeción (la capacidad de transmisión de par puede superar los 500 Nm), ideal para cortes pesados y máquinas herramienta de gran tamaño, especialmente en el procesamiento de agujeros profundos o de desbaste que requieren un par elevado.

Fresas de punta esférica

El extremo de corte es esférico y el radio de la cabeza esférica varía de 0,5 mm a 10 mm. Se utiliza especialmente para superficies curvas tridimensionales y el procesamiento complejo de moldes. Su trayectoria de corte suave evita arañazos o efectos de escalón en la superficie de la pieza. Se utiliza ampliamente en moldes de automoción (como moldes de estampación) y en la fabricación de piezas de aviación (como superficies de cuchillas).

Fresas de extremo plano

El extremo de corte es plano, con un número de cuchillas de 2 a 8, apto para fresado de ranuras, fresado lateral y cepillado. Su diseño prioriza la eficiencia y la estabilidad del corte. Se utiliza comúnmente en la producción en masa (como el mecanizado de ranuras de engranajes), y su ancho de corte puede superar el 80 % del diámetro de la herramienta.

Fresa de extremo de borde ondulado

La parte posterior de la cuchilla presenta un diseño ondulado con una amplitud de onda de 0,1-0,3 mm y una longitud de onda de 2-5 mm. Esta estructura reduce la vibración al dispersar la fuerza de corte (la amplitud de la vibración se puede reducir entre un 30 % y un 50 %) y es adecuada para cortes a alta velocidad y materiales difíciles de procesar (como acero endurecido HRC 50-60).

(4) Los parámetros estructurales típicos de las fresas de carburo incluyen:

Diámetro de corte (D)

De 1 mm a 40 mm, cubriendo una amplia gama de necesidades, desde el micromecanizado (componentes microelectrónicos) hasta el corte de alta resistencia (piezas fundidas de gran tamaño).

Longitud total (L)

De 50 mm a 250 mm, lo que garantiza la adaptación a diferentes longitudes de husillo de máquinas herramienta y profundidades de piezas de trabajo, y el tipo extra largo puede alcanzar los 300 mm.

Longitud de corte efectiva (l)

De 10 mm a 100 mm, determina la profundidad máxima de corte de la herramienta en la pieza de trabajo y el procesamiento de cavidad profunda se puede personalizar hasta 150 mm.

Diámetro del vástago (d)

En función del diámetro de corte, el grado de tolerancia es h6 (0/-0,006 mm), lo que garantiza la precisión de sujeción, el diámetro máximo puede alcanzar los 40 mm.

Ángulo de hélice

El rango es de 15°-45°, el valor estándar es 30°, lo que afecta la eficiencia de descarga de viruta y

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la estabilidad del corte. 35°-40° se utiliza generalmente para el acabado (la tasa de descarga de viruta aumenta en un 15%) y 15°-20° se puede utilizar para desbaste.

Número de cuchillas

2-10, ajustado según el diámetro y el material de procesamiento, cuantas más hojas haya, mayor será la eficiencia de corte (la eficiencia se puede aumentar en un 20%-40%), pero el requisito de rigidez para la máquina herramienta también es mayor (la rigidez del husillo debe ser $\geq 2000 \text{ N} / \mu\text{m}$).

(5) Parámetros técnicos de las fresas de carburo

Los parámetros de rendimiento de las fresas de carburo varían según el modelo y la aplicación. A continuación, se detallan los valores típicos para referencia del usuario y para un procesamiento optimizado:

dureza

La dureza del sustrato varía de HV 1800 a 2100, y la dureza de la superficie después del recubrimiento puede alcanzar más de 3000 HV, superando ampliamente la dureza del acero de alta velocidad convencional (HSS) (HV 800-900), lo que garantiza la resistencia al desgaste bajo cargas elevadas (tasa de desgaste reducida en más del 50%).

Resistencia al calor

Mantiene un rendimiento de corte a altas temperaturas de 600 °C a 1000 °C y es especialmente adecuado para el corte en seco o el procesamiento de aleaciones a alta temperatura. Su estabilidad térmica es de 2 a 3 veces superior a la del acero de alta velocidad (HSS) (el coeficiente de expansión térmica es de tan solo $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$).

Velocidad de corte (Vc):

Acero: 100-300 m/min, el valor recomendado se ajusta según la dureza del tipo de acero (por ejemplo, 200 m/min para acero 45#, 120 m/min para acero endurecido HRC 45).

Hierro fundido: 150-400 m/min, hierro fundido gris: 250 m/min, hierro dúctil: 180 m/min, hierro fundido resistente al calor: 150 m/min.

Aleación de aluminio: 200-600 m/min, aluminio puro: 500 m/min, aleación de aluminio y silicio: 300 m/min, aleación de aluminio y cobre: 400 m/min.

Velocidad de avance (fz)

0,05-0,5 mm/diente. Para materiales blandos (como el aluminio), se recomienda de 0,3 a 0,5 mm/diente. Para materiales duros (como el acero endurecido), se recomienda de 0,05 a 0,1 mm/diente. El valor específico debe optimizarse en función de la potencia de la máquina ($\geq 2 \text{ kW}$) y la rigidez de la pieza.

Profundidad de corte (ap): 0,5-5 mm, 0,5-2 mm para herramientas de diámetro pequeño ($D < 10 \text{ mm}$), 3-5 mm para herramientas de diámetro grande ($D > 20 \text{ mm}$), una profundidad de corte excesiva ($> 1,5$ veces el diámetro de la herramienta) puede causar vibración.

Tolerancia: Tolerancia de diámetro $\pm 0,01 \text{ mm}$ (grado IT6), tolerancia de longitud $\pm 0,3 \text{ mm}$, tolerancia de conicidad $\pm 0,01 \text{ mm}/100 \text{ mm}$, lo que garantiza la precisión del procesamiento (error de redondez $< 0,005 \text{ mm}$).

Rugosidad de la superficie: Ra de la superficie de la pieza de trabajo puede alcanzar de 0,1 a 0,8 micrones en condiciones de acabado y de 1,6 a 3,2 micrones en condiciones de desbaste,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

dependiendo de los parámetros de corte (combinación V_c / f_z /ap) y la condición de la herramienta.

(6) Escenarios de aplicación de las fresas de carburo

Las fresas de carburo destacan en numerosos sectores industriales gracias a su versatilidad y alto rendimiento. Entre sus aplicaciones específicas se incluyen:

Fabricación de moldes

Se utilizan para el mecanizado de cavidades de moldes de precisión y superficies complejas, como moldes de estampación automotriz (profundidad de 50-100 mm) y moldes de inyección de plástico (radio de curvatura de 5-20 mm). Las fresas de extremo esférico son especialmente adecuadas para el mecanizado fino de zonas de transición superficial (error <0,01 mm).

Aeroespacial

se requieren modelos de recubrimiento de alta resistencia al calor (como Al_2O_3).

Mecanizado

Para la producción de engranajes (módulo 1-5), carcasas de cojinetes (diámetro 50-200 mm) y conectores (profundidad de orificio 20-50 mm), las fresas de extremo plano son extremadamente eficientes en el fresado de ranuras y fresado lateral (aumento de la eficiencia del 30%).

Carpintería y materiales compuestos

Los tipos de recubrimiento específicos (por ejemplo, TiN) son adecuados para madera, MDF (tablero de fibra de densidad media) y fibra de carbono (espesor de 2 a 10 mm) y reducen el desgarro del material (tasa de desgarro <5 %).

Tomando como ejemplo el procesamiento de acero 45#, se selecciona una fresa de extremo de 12 mm de diámetro, 4 filos y un ángulo de hélice de 30°. La velocidad de corte se establece en 200 m/min, el avance es de 0,2 mm/diente y la profundidad de corte es de 2 mm. Se logra un fresado de ranuras eficiente (eficiencia de procesamiento de 150 cm³/min), la vida útil esperada puede alcanzar las 20 horas y la Ra de la superficie de la pieza de trabajo después del procesamiento es de aproximadamente 0,4 micras.

(7) Precauciones para el uso de fresas de carburo

Para aprovechar al máximo el rendimiento de las fresas de carburo y prolongar su vida útil, se deben tener en cuenta los siguientes detalles:

Selección de máquinas

Se recomienda utilizar máquinas herramienta CNC (como centros de mecanizado CNC) o fresadoras con buena rigidez, asegurarse de que el descentramiento del husillo sea inferior a 0,01 mm, la potencia de la máquina debe coincidir con el diámetro de la herramienta y los parámetros de corte (por ejemplo, una herramienta de 12 mm de diámetro requiere una potencia de husillo $\geq 2,5$ kW y un par ≥ 30 Nm) y verificar la precisión de la guía de la máquina (rectitud < 0,02 mm/m).

Refrigeración y lubricación

Se recomienda utilizar emulsión o aceite de corte con un caudal de 10-20 L/min. Cuando la velocidad de corte supere los 300 m/min, se requiere refrigeración a alta presión (presión ≥ 5 bar, caudal ≥ 15 L/min) para reducir la temperatura de la zona de corte (<500 °C) y la deformación térmica.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Optimización de los parámetros de corte

Ajuste la velocidad de corte y el avance según el material de la pieza para evitar sobrecargas que provoquen desgaste prematuro o rotura de la herramienta. Por ejemplo, al procesar acero inoxidable, la velocidad de corte debe controlarse entre 120 y 180 m/min, el avance entre 0,08 y 0,12 mm/diente y la profundidad de corte entre 1 y 2 mm.

Instalación y calibración

El vástago y el mandril deben estar bien ajustados. Tras la instalación, utilice una sonda de ajuste de herramientas para comprobar la coaxialidad. La excentricidad debe controlarse con una precisión de 0,005 mm. La fuerza de sujeción debe ser uniforme (par de apriete de 20-30 Nm) para evitar vibraciones causadas por holgura.

Monitoreo del desgaste:

Revise regularmente el estado de desgaste de la cuchilla. Cuando el desgaste del flanco del filo (VB) alcance 0,3 mm o aparezcan muescas evidentes (profundidad > 0,1 mm), es necesario reemplazar la herramienta. Preste atención al cambio de color de las virutas (el azul indica sobrecalentamiento y el Vc debe reducirse entre un 10 % y un 20 %).

(8) Ventajas de las fresas de carburo

Alta dureza (3-4 veces mayor que el acero de alta velocidad), puede procesar acero endurecido por encima de HRC 60 y su resistencia al desgaste es 3-5 veces mayor que la del HSS.

Tiene una fuerte resistencia al desgaste y su vida útil es de 2 a 5 veces más larga que la del HSS, especialmente en corte continuo (>10 horas).

Adecuado para corte de alta velocidad (Vc hasta 600 m/min), mejorando significativamente la eficiencia de producción (eficiencia aumentada en un 40%-60%).

El diseño personalizable, el ángulo de hélice, el número de bordes y el recubrimiento se pueden ajustar según las necesidades del cliente.

(9) Mercado y desarrollo de fresas de carburo

El mercado de fresas de carburo continúa expandiéndose gracias al impulso de la Industria 4.0 y la fabricación inteligente. Las tendencias de desarrollo futuras incluyen:

Fabricación ecológica

Adopción de materiales reciclables (por ejemplo, tasa de recuperación de cobalto > 80%) y procesos de recubrimiento con bajo impacto ambiental (emisiones de carbono reducidas en un 20%).

Inteligente

Los sensores integrados monitorean el desgaste de la herramienta (detección en tiempo real del valor VB) y optimizan los parámetros de corte a través de IA (eficiencia aumentada entre un 10% y un 15%).

Miniaturización

Desarrollar microfresas con un diámetro inferior a 1 mm (precisión < 0,005 mm) para satisfacer las necesidades de procesamiento de la microelectrónica (empaquetado de chips) y dispositivos médicos (implantes ortopédicos).

(10) Modelos de productos específicos recomendados de fresas de carburo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

De acuerdo con los diferentes requisitos de procesamiento, los siguientes son varios modelos de fresas de carburo recomendados para referencia del usuario:

Fresas de extremo plano de mango recto de carburo

Especificaciones: diámetro 12 mm, 4 filos, ángulo de hélice de 30°, longitud total 100 mm, longitud de corte efectiva 40 mm, diámetro del vástago 12 mm.

Material: YG6, TiN recubrimiento.

Escenarios aplicables: procesamiento de acero 45#, hierro fundido, fresado de ranuras y fresado lateral.

Parámetros recomendados: Vc 200 m/min, fz 0,2 mm/diente, ap 2 mm, vida útil aproximada de 20 horas.

Ventajas: Alto rendimiento en relación calidad-precio, adecuado para producción de lotes pequeños y medianos, las marcas nacionales tienen una gran confiabilidad.

Fresas de punta esférica de carburo

Especificaciones: diámetro 16 mm, radio de cabeza esférica 8 mm, 4 flautas, ángulo de hélice de 35°, longitud total 120 mm, longitud de corte efectiva 50 mm, diámetro del vástago cónico 20 mm.

Material: YW2, recubierto con TiCN.

Escenarios aplicables: procesamiento de superficies de aleaciones de titanio y piezas de aviación.

Parámetros recomendados: Vc 150 m/min, fz 0,1 mm/diente, ap 1,5 mm, vida útil aproximada de 25 horas.

Ventajas: Alta resistencia al calor, adecuado para acabado de superficies complejas, garantía de calidad de marca internacional.

Fresas de extremo de carburo con borde ondulado

Especificaciones: Diámetro 10 mm, 3 filos, ángulo de hélice de 40°, longitud total 90 mm, longitud de corte efectiva 30 mm, diámetro del vástago 10 mm.

:YT15, recubierto con Al₂O₃.

Escenarios aplicables: Mecanizado de acero endurecido (HRC 50-60), corte de alta velocidad.

Parámetros recomendados: Vc 120 m/min, fz 0,08 mm/diente, ap 1 mm, vida útil aproximada de 15 horas.

Ventajas: Buen efecto de reducción de vibración, reduciendo la vibración de procesamiento en un 50%, adecuado para requisitos de alta precisión.

(11) Optimización de soluciones de procesamiento de fresas de carburo

Para maximizar el rendimiento de las fresas de carburo, se presentan las siguientes soluciones de procesamiento optimizadas para diferentes materiales de piezas de trabajo:

Procesamiento de acero 45# (acero de carbono medio, HRC 20-25) Solución de optimización:

Velocidad de corte: 200 m/min (velocidad del husillo aprox. 5300 RPM, D=12 mm).

Velocidad de avance: 0,2 mm/diente (velocidad de avance 1200 mm/min).

Profundidad de corte: 2 mm, avance transversal 0,5 mm/vez.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Enfriamiento: Utilizar emulsión al 5%, caudal 15 L/min.

Máquina herramienta: Centro de mecanizado CNC, potencia del husillo 3 kW.

Resultados: Eficiencia de mecanizado 150 cm³/min, superficie Ra 0,4 micras, vida de la herramienta 20 horas.

Sugerencias de optimización: Revise el desgaste de la cuchilla cada 10 horas de procesamiento y reduzca la profundidad de corte a 1,5 mm si es necesario para prolongar su vida útil (puede aumentarse en 5 horas). Utilice la estrategia de avance en espiral de altura constante para reducir la fuerza desigual sobre la herramienta.

Solución de optimización para el mecanizado de aleación de titanio (Ti-6Al-4V, HRC 30-35):

Velocidad de corte: 150 m/min (velocidad del husillo aprox. 3000 RPM, D=16 mm).

Velocidad de avance: 0,1 mm/diente (velocidad de avance 600 mm/min).

Profundidad de corte: 1,5 mm, avance transversal 0,3 mm/vez.

Refrigeración: Refrigeración de alta presión (6 bar, 20 L/min) con fluido de corte sintético.

Máquina herramienta: Centro de mecanizado de cinco ejes, potencia del husillo 5 kW.

Resultados: Eficiencia de mecanizado 80 cm³/min, superficie Ra 0,3 micras, vida de la herramienta 25 horas.

Sugerencia de optimización: utilice una estrategia de corte intermitente (levantar la herramienta cada 0,5 mm de profundidad de corte), reducir la acumulación de calor (temperatura < 600 °C) y reemplazar el refrigerante cada 5 horas para mantener el efecto de enfriamiento.

Mecanizado de acero endurecido (HRC 50-60) Solución de optimización:

Velocidad de corte: 120 m/min (velocidad del husillo aprox. 3800 RPM, D=10 mm).

Velocidad de avance: 0,08 mm/diente (velocidad de avance 300 mm/min).

Profundidad de corte: 1 mm, avance transversal 0,2 mm/vez.

Enfriamiento: Corte en seco o lubricación por cantidad mínima (MQL, caudal 0,1 mL/min).

Máquina herramienta: Fresadora vertical de alta rigidez, potencia del husillo 2,5 kW.

Resultados: Eficiencia de mecanizado 50 cm³/min, superficie Ra 0,6 micras, vida de la herramienta 15 horas.

Sugerencias de optimización: Reducir la velocidad del husillo en un 10% (Vc 108 m/min) para reducir la vibración (amplitud de vibración <0,01 mm), limpiar las virutas regularmente (una vez cada 30 minutos) y precalentar la máquina herramienta durante 5 minutos antes de cortar para estabilizar la rigidez.

Gracias a su excelente rendimiento de corte, versatilidad y alta adaptabilidad, las fresas de carburo se han convertido en herramientas clave en el mecanizado moderno. Ya sea para el procesamiento complejo de superficies de moldes de precisión o para la producción de grandes cantidades de piezas metálicas, ofrecen soluciones eficientes y estables. Al seleccionar el modelo adecuado, optimizar los parámetros de corte (como Vc 200 m/min, fz 0,2 mm/diente) y combinar métodos correctos de operación y mantenimiento, los usuarios pueden maximizar su rendimiento y prolongar significativamente su vida útil.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat: "Chinatungsten 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

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

apéndice:

¿Qué es una fresa frontal de carburo?

Definición y función de la fresa frontal de carburo

La fresa de planear de carburo es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un corte plano de alta eficiencia. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la producción de piezas mecánicas y otros campos industriales que requieren el procesamiento de superficies de gran superficie. Como herramienta de corte multifilo, su función principal es lograr una eliminación de material rápida y uniforme mediante múltiples filos de corte que actúan simultáneamente sobre la superficie de la pieza, para completar eficientemente tareas como el fresado plano, el mecanizado de escalones, el acabado superficial y el procesamiento de contornos de gran ancho. En comparación con las herramientas tradicionales de un solo filo o de pocos filos, las fresas de planear de carburo pueden mejorar significativamente la eficiencia de corte, reducir la carga de un solo filo y prolongar la vida útil de la herramienta gracias a su diseño multifilo. El carburo cementado, su material principal, confiere a las fresas de planear una dureza ultraalta (que suele alcanzar HV 1600-1900) y una gran resistencia al desgaste, lo que les permite satisfacer las necesidades de corte de materiales de alta resistencia como acero inoxidable, aleaciones de titanio, acero templado, fundición y otros materiales difíciles de procesar. Además, las fresas de planear de carburo se utilizan habitualmente en combinación con máquinas herramienta CNC modernas (CNC), centros de mecanizado o fresadoras de gran tamaño, que pueden aprovechar al máximo sus ventajas de rendimiento a alta velocidad (hasta 8000 RPM) y alta velocidad de avance (hasta 5000 mm/min). En la producción industrial, las fresas de planear de carburo se consideran herramientas clave para mejorar la eficiencia del procesamiento, optimizar la calidad de la superficie y reducir los costes de producción, especialmente en sectores de alta demanda como la fabricación de piezas de automoción, componentes aeroespaciales, equipos de energía y el procesamiento de moldes de precisión. Desempeñan un papel irremplazable. Su flexibilidad de diseño también permite la personalización según los materiales de la pieza y los procesos de procesamiento específicos, como el ajuste del ángulo de corte o el número de filos para satisfacer diversas necesidades de procesamiento.

Características estructurales de la fresa frontal de carburo

El diseño estructural de las fresas de planear de carburo es la base de su alto rendimiento. Suelen adoptar cuerpos de corte en forma de disco o poligonales con filos distribuidos en su circunferencia y caras frontales, priorizando la rigidez, el equilibrio y el control de viruta. Los parámetros estructurales de la fresa se calculan y optimizan con precisión para garantizar la estabilidad durante la rotación a alta velocidad y el corte con cargas pesadas. Sus principales características estructurales incluyen:

Diámetro (D)

El rango va de 50 mm a 400 mm, cubriendo las necesidades de procesamiento desde piezas pequeñas (como culatas de automóviles, con una superficie de 0,5 m²) hasta placas grandes (como bases de palas de aerogeneradores, con una superficie de 2 a 4 m²). . Cuanto mayor sea el diámetro, mayor

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

será el ancho de corte y la velocidad de arranque de material, pero también aumentarán en consecuencia los requisitos de rigidez de la máquina herramienta.

Ancho de corte

Puede alcanzar entre el 70 % y el 100 % del diámetro de la herramienta, dependiendo del número de filos y del diseño del cabezal de corte. Por ejemplo, una fresa frontal de 200 mm de diámetro puede alcanzar un ancho de corte efectivo de 150-200 mm, ideal para el procesamiento de superficies planas de gran superficie.

Formulario de manejo

Estos incluyen mangos rectos (de 20 a 50 mm de diámetro), mangos cónicos (cono 7:24, tamaños de 16 mm a 80 mm) o portaherramientas modulares (como los sistemas KM o HSK). El diseño del mango cónico proporciona un mayor par de sujeción (hasta 1000 Nm) para cortes de alta exigencia, mientras que los portaherramientas modulares facilitan la sustitución y el mantenimiento rápidos.

Número de cuchillas

De 4 a 20 filos de corte, ajustados según el diámetro de la herramienta y los requisitos de procesamiento. Los diámetros pequeños ($D < 100$ mm) suelen tener de 4 a 8 filos, mientras que los diámetros medianos y grandes ($D > 150$ mm) pueden alcanzar de 10 a 20 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte (incremento de la eficiencia entre un 20% y un 40%), pero es necesario asegurar la compatibilidad entre la potencia y la rigidez del husillo de la máquina herramienta.

Ángulo de corte

El ángulo de ataque es de 5° - 15° (el ángulo de ataque positivo optimiza la fuerza de corte y el ángulo posterior es de 5° - 10° (reduce el desgaste de la herramienta posterior). El diseño del ángulo de corte se ajusta según el material de la pieza de trabajo. Por ejemplo, el ángulo de ataque puede ser de 12° - 15° al procesar aleación de aluminio y de 5° - 8° al procesar acero.

Tipo de cuerpo

Existen dos tipos: el integral (la cuchilla y el cuerpo de corte están formados integralmente, con un diámetro de 50-150 mm) y el de cuchilla reemplazable (el cuerpo de corte es de acero y está equipado con cuchillas de carburo, con un diámetro de 150-400 mm). El integral es adecuado para procesamiento pequeños y medianos, mientras que el de cuchilla reemplazable facilita el reemplazo de cuchillas y reduce los costos de uso a largo plazo.

El filo de la herramienta se rectifica con precisión en múltiples pasadas (precisión de $\pm 0,005$ mm) para garantizar la nitidez y la consistencia del filo de corte (rugosidad del filo $Ra \leq 0,1$ micras), y el cuerpo de la herramienta está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 10 g·mm/kg) para reducir la vibración a altas velocidades (amplitud de vibración $< 0,01$ mm). Además, las fresas de planear modernas pueden integrar canales de refrigeración o ranuras para viruta para optimizar la evacuación de la viruta y la gestión térmica.

Materiales y fabricación de fresas frontales de carburo

El excelente rendimiento de las fresas de planear de carburo cementado se debe a sus materiales de alta calidad y a sus complejos procesos de fabricación. El material de la matriz suele ser un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), sinterizado mediante pulvimetalurgia. El

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

carburo de tungsteno proporciona alta dureza y resistencia al desgaste, el cobalto como fase aglutinante mejora la tenacidad, y la fórmula y el tamaño de partícula (0,5-2 micras) influyen directamente en el rendimiento de la herramienta. Los grados comunes de carburo cementado incluyen:

YG8: Con un contenido de cobalto del 8 %, dureza HV 1700-1800 y resistencia a la flexión de 2000-2200 MPa, es ideal para el mecanizado de fundición (como HT250 y HB 180-220), metales no ferrosos (como aluminio, cobre y HB 50-100) y algunos materiales de dureza media (HB 200-300). Se utiliza ampliamente para el mecanizado en desbaste gracias a su buena resistencia al impacto.

YC40: Contenido de cobalto 10%, dureza HV 1600-1700, resistencia a la flexión 2200-2400 MPa, adecuado para procesar acero (como acero 45#, HRC 20-25) y acero inoxidable (como 304, HRC 15-20), y permanece estable a altas temperaturas (por encima de 600 °C).

YW1: Contiene carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC), dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1900-2100 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de alta temperatura (como Inconel 718, HRC 35-40) y aleaciones de titanio (como Ti-6Al-4V, HRC 30-35), resistencia al calor hasta 900°C.

El proceso de fabricación se divide en varios pasos precisos:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno de alta pureza y el polvo de cobalto se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$) y se agrega una pequeña cantidad de elementos de tierras raras (como Ce, Y) para optimizar la microestructura.

Prensado: Utilizando una prensa hidráulica para aplicar una presión de 100-200 MPa, se forma el cuerpo de corte o la hoja en blanco para garantizar una densidad de 14,5-15 g/cm³.

Sinterización a alta temperatura: En un horno de sinterización protegido al vacío o con hidrógeno, la temperatura se controla a 1400 °C-1500 °C durante 8-12 horas para eliminar los poros y formar una estructura densa.

Posprocesamiento: Tras la sinterización, la pieza en bruto se somete a torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (R_a superficial $\leq 0,2$ micras) y pulido (R_a del filo $\leq 0,1$ micras). El cuerpo de la herramienta también debe equilibrarse dinámicamente.

Para mejorar aún más el rendimiento, las superficies de las herramientas suelen estar recubiertas y depositadas mediante procesos PVD o CVD:

TiAlN (nitruro de aluminio y titanio): espesor 3-8 micrones, dureza 2800-3200 HV, resistencia al calor hasta 900°C, excelente resistencia a la oxidación, adecuado para corte en seco.

CrN (nitruro de cromo): espesor 2-5 micrones, dureza 2500-2800 HV, coeficiente de fricción $< 0,3$, fuerte antiadherencia, especialmente adecuado para el procesamiento de aleaciones de aluminio.

Recubrimiento multicapa: combinación de TiN + Al₂O₃ + TiCN, espesor de 5 a 12 micrones, dureza integral superior a 3000 HV, resistencia al desgaste y al calor, adecuado para el procesamiento de múltiples materiales.

Estos recubrimientos reducen significativamente la fricción (reducción del 20%-30%), mejoran la vida útil de la herramienta (50%-100% más que sin recubrimiento) y funcionan bien en cortes de alta velocidad ($V_c > 300$ m/min) o cortes intermitentes.

Tipos de fresas de carburo para caras

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Según su estructura y propósito, las fresas de carburo para planear se pueden subdividir en los siguientes tipos, cada uno optimizado para necesidades de mecanizado específicas:

Fresa frontal de carburo sólido

La cuchilla y el cuerpo de corte están formados integralmente, con un diámetro de 50-150 mm, ideal para el procesamiento de superficies planas pequeñas y medianas (como culatas de automóviles, con una superficie de 0,5 m²). Sus ventajas son su estructura compacta, su fácil instalación y su idoneidad para la producción en lotes pequeños y medianos. Sin embargo, la herramienta debe reemplazarse por completo después del desgaste.

Fresa frontal con cuchilla reemplazable

El cuerpo de la cortadora está fabricado en acero de alta resistencia (como 40CrMo, HB 250-300) y cuenta con cuchillas de carburo de 150-400 mm de diámetro, ideales para cortar grandes superficies (como bases de palas de aerogeneradores, de 2 a 4 m²). Las cuchillas se pueden reemplazar individualmente, lo que reduce los costos de uso a largo plazo. El diseño del cabezal de corte admite diversos ángulos de corte (0°-15°).

Fresa de desbaste frontal

El número de filos es de 4-8, la profundidad de corte puede alcanzar los 5-10 mm, el objetivo está en eliminar grandes cantidades de material (como piezas en bruto de hierro fundido, volumen de corte 500 cm³/min) y el ángulo posterior de la hoja es grande (10°-15°) para reducir las fuerzas de corte.

Fresa de cara de acabado

El número de filos es de 10-20, la profundidad de corte es de 1-3 mm y el acabado superficial es de alta calidad (Ra 0,4-0,8 micras). El ángulo de ataque de la cuchilla es pequeño (5°-8°) para mejorar la precisión. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de superficies inferiores de moldes.

Fresa de borde corrugado

La cuchilla es ondulada, con una amplitud de onda de 0,2-0,4 mm y una longitud de onda de 3-6 mm. Reduce la vibración al dispersar la fuerza de corte (la amplitud se reduce entre un 40 % y un 60 %) y es adecuada para piezas de paredes delgadas (como láminas de aleación de aluminio con un espesor de 5-10 mm) o para procesamiento de alta precisión.

Parámetros técnicos de la fresa frontal de carburo

Los parámetros de rendimiento de las fresas de planear de carburo varían según el modelo y el escenario de aplicación. A continuación, se detallan los valores típicos para referencia del usuario y optimización:

Dureza: La dureza del sustrato varía de HV 1600 a 1900, y la dureza de la superficie después del recubrimiento puede alcanzar más de 3000 HV, que es mucho más alta que el acero de alta velocidad (HV 800-900), lo que garantiza la resistencia al desgaste bajo cargas elevadas (tasa de desgaste reducida en 60%).

Resistencia al calor: Mantiene el rendimiento de corte a altas temperaturas de 600 °C a 1000 °C. Su estabilidad térmica es de 2 a 3 veces mayor que la del acero de alta velocidad (HSS) (coeficiente de expansión térmica de $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), lo que lo hace adecuado para el corte en seco o el procesamiento de aleaciones a alta temperatura.

Velocidad de corte (Vc):

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Acero: 150-300 m/min, acero 45#: 200 m/min, acero endurecido HRC 40: 120 m/min.

Hierro fundido: 200-400 m/min, hierro fundido gris: 250 m/min, hierro dúctil: 180 m/min.

Aleación de aluminio: 300-800 m/min, aluminio puro: 600 m/min, aleación de aluminio y silicio: 350 m/min.

Velocidad de avance (fz): 0,1-0,5 mm/diente, 0,3-0,5 mm/diente para desbaste (velocidad de avance 3000-5000 mm/min), 0,1-0,2 mm/diente para acabado (velocidad de avance 1000-2000 mm/min).

Profundidad de corte (ap): 1-10 mm, desbaste 5-10 mm (velocidad de arranque de material 500-1000 cm³/min), acabado 1-3 mm (precisión $\pm 0,01$ mm).

Tolerancia: Tolerancia de diámetro $\pm 0,02$ mm (grado IT6), planitud $< 0,01$ mm, verticalidad $< 0,015$ mm.

Rugosidad superficial: Acabado Ra 0,4-0,8 micras, desbaste Ra 1,6-3,2 micras, dependiendo de los parámetros de corte y estado de la herramienta (el filo nuevo Ra puede alcanzar 0,2 micras).

Escenarios de aplicación de las fresas de carburo para planear

Las fresas de planear de carburo han demostrado un excelente rendimiento en numerosos sectores industriales gracias a su alta eficiencia y capacidad de procesamiento de grandes superficies. Entre sus aplicaciones específicas se incluyen:

Industria del automóvil : Procesamiento de superficies de bloques de cilindros y culatas (área 0,5-2 m²) , velocidad de corte 200-300 m/min, eficiencia 200-500 cm³/min, superficie Ra $<1,6$ micras, asegurando la hermeticidad.

Aeroespacial: fresado de piel de aleación de aluminio (espesor 5-20 mm), velocidad de corte 400-600 m/min, superficie Ra $< 0,6$ micrones, cumpliendo con los requisitos de planitud de grado aeronáutico (planitud $< 0,02$ mm).

Equipos energéticos: Procesamiento de bases de palas de aerogeneradores (2-4 m de diámetro), profundidad de corte 8-10 mm, velocidad de corte 150-250 m/min, tasa de remoción de material 800-1200 cm³/min.

de moldes : Acabado de la superficie inferior del molde (área 0,2-1 m²) , profundidad de corte 1-2 mm, velocidad de corte 150-200 m/min, planitud $< 0,005$ mm, Ra $< 0,4$ micrones.

Caso real: Una fábrica de automóviles utiliza una fresadora de planear con cuchillas reemplazables de 12 filos y 250 mm de diámetro para procesar el plano de la culata, Vc 250 m/min, fz 0,4 mm/diente, ap 6 mm, eficiencia de procesamiento de 400 cm³/min, superficie Ra 1,2 micras y vida útil de la herramienta de 50 horas.

Precauciones para el uso de fresas de carburo para planear

Para aprovechar al máximo el rendimiento de las fresas de carburo y prolongar su vida útil, se deben tener en cuenta los siguientes detalles:

Rigidez de la máquina herramienta: Se requieren máquinas herramienta de alta rigidez (rigidez del husillo > 3000 N/ μ m , rigidez de la bancada > 5000 N/ μ m) , descentramiento del husillo $< 0,01$ mm y precisión del riel guía de la máquina herramienta (rectitud $< 0,02$ mm/m) que afecta directamente la calidad del procesamiento.

Refrigeración y lubricación: Se recomienda utilizar fluido de corte (como una emulsión al 5-10 %) o aceite sintético con un caudal de 20-50 L/min. Si la velocidad de corte supera los 300 m/min, se

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

requiere refrigeración a alta presión (presión de 5-10 bar, caudal ≥ 20 L/min) para reducir la temperatura de la zona de corte (< 500 °C).

Ajuste de parámetros de corte: Desbaste Vc 200-300 m/min, ap 5-10 mm, fz 0,3-0,5 mm/diente; Acabado Vc 150-200 m/min, ap 1-3 mm, fz 0,1-0,2 mm/diente. Los parámetros deben optimizarse según el material de la pieza y la potencia de la máquina (p. ej., potencia del husillo ≥ 10 kW).

Instalación y calibración: Asegúrese de que la herramienta esté coaxial con el husillo, utilice una sonda de ajuste de herramientas para calibrar, excentricidad $< 0,005$ mm, torque de sujeción 30-50 Nm (ajustado de acuerdo con el peso de la herramienta) para evitar vibraciones causadas por holgura.

Inspección de desgaste: Revise regularmente el estado de desgaste de la cuchilla. Reemplace la plaquita/herramienta cuando el desgaste del filo (VB) alcance 0,4 mm o se produzcan astillas (profundidad $> 0,1$ mm). Preste atención al color de las astillas (azul indica sobrecalentamiento y Vc debe reducirse entre un 10 % y un 15 %) y a su forma (las astillas largas y curvadas indican los parámetros adecuados).

Ventajas de la fresa frontal de carburo

Alta eficiencia (2-3 veces mayor que las fresas de extremo), gran capacidad de procesamiento de áreas grandes, se pueden eliminar entre 500 y 1000 cm³ de material en un solo corte.

Larga vida útil (50-100 horas, dependiendo del recubrimiento y las condiciones de trabajo), 3-5 veces más larga que las fresas frontales HSS.

La calidad de la superficie es excelente y el acabado Ra puede alcanzar 0,4 micrones, cumpliendo con los requisitos de alta precisión.

El diseño de la cuchilla reemplazable reduce los costos de mantenimiento y el tiempo de reemplazo de la cuchilla es menos de 5 minutos.

Las fresas de planear de carburo también presentan limitaciones. Son costosas y requieren una gran inversión inicial, lo que las hace adecuadas para la producción en masa. Presentan altos requisitos para las máquinas herramienta (potencia ≥ 10 kW, rigidez > 3000 N/ μ m) y son difíciles de soportar con máquinas herramienta convencionales. No son adecuadas para superficies curvas complejas ni para el mecanizado de cavidades profundas, y su ámbito de aplicación es limitado (profundidad de corte < 10 mm).

Mercado y desarrollo de fresas frontales de carburo

Herramientas inteligentes

Los sensores integrados monitorean la fuerza de corte (rango 0-5000 N) y la temperatura (< 1000 °C), y la IA optimiza los parámetros para aumentar la eficiencia entre un 10% y un 15%.

Tecnología ambiental

Al adoptar una fórmula baja en cobalto (contenido de Co $< 6\%$) y un proceso de recubrimiento reciclable, las emisiones de carbono se reducen entre un 20% y un 30%.

Desarrollo de gran diámetro

Se lanzan al mercado fresas de planear extra grandes de 400-600 mm adecuadas para las industrias de energía eólica y construcción naval, con un ancho de corte de hasta 500 mm.

Diferencia entre la fresa frontal de carburo y la fresa de extremo de carburo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Existen diferencias significativas entre las fresas de carburo para planear y las fresas de extremo en cuanto a diseño y aplicación:

Método de corte: Las fresas de planear se centran en el mecanizado plano de áreas grandes (ancho de corte de hasta el 70%-100% del diámetro), las fresas de extremo se utilizan principalmente para ranuras, lados y superficies curvas complejas (profundidad de corte de hasta 150 mm).

Cuchillas: Las fresas de planear tienen más cuchillas (4-20) y dispersan la carga de corte; las fresas de extremo tienen menos cuchillas (2-10) y son adecuadas para el procesamiento fino.

Escenarios de aplicación: Las fresas de planear se utilizan para planos y escalones (como planos de cilindros), y las fresas de extremo se utilizan para agujeros profundos y superficies 3D (como cavidades de moldes).

Estructura: Las fresas de planear suelen tener forma de disco o insertos reemplazables, mientras que las fresas de extremo son de vástago recto o de extremo esférico.

Eficiencia y precisión: Las fresas de planear tienen una alta eficiencia (500-1000 cm³/min) y una precisión media (Ra 0,4-1,6 micras); las fresas de extremo tienen una baja eficiencia (50-200 cm³/min) y una alta precisión (Ra 0,1-0,8 micras).

Las fresas de planear de carburo son ideales para un mecanizado plano eficiente. Su alto rendimiento, versatilidad y capacidad de corte de gran superficie satisfacen las necesidades de eficiencia y calidad de la industria moderna. La eficiencia de la producción se puede mejorar significativamente optimizando los parámetros de corte (como Vc 250 m/min, ap 6 mm) y un mantenimiento adecuado (como la sustitución regular de las plaquitas).

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una fresa de bola de carburo?

Definición y función de la fresa de punta esférica de carburo

Las fresas de extremo esférico de carburo son herramientas de corte rotativas versátiles y de alta precisión, ampliamente utilizadas en metalurgia, fabricación de moldes, industria aeroespacial y otros campos industriales que requieren un procesamiento de superficies complejo. Su característica única es el diseño esférico del extremo de corte (es decir, el extremo esférico), que permite a la herramienta lograr un corte de transición suave, especialmente adecuado para procesar superficies tridimensionales, biseles y geometrías complejas. Las fresas de extremo esférico de carburo utilizan carburo como material base, combinado con su alta dureza (HV 1800-2100) y resistencia al desgaste, pueden cortar eficientemente materiales de alta resistencia como acero inoxidable, aleación de titanio, acero endurecido y materiales compuestos. Sus funciones no se limitan al procesamiento de superficies, sino que también pueden realizar fresado lateral, fresado de ranuras y fresado de contornos, especialmente en escenarios que requieren alta calidad de superficie y precisión geométrica fina. Las fresas de punta esférica de carburo se utilizan habitualmente en combinación con máquinas herramienta CNC (CNC), centros de mecanizado de cinco ejes o máquinas de grabado para maximizar su capacidad de procesamiento a alta velocidad (hasta 12 000 rpm) y baja profundidad de corte (0,1-2 mm). En la fabricación moderna, especialmente en la fabricación de moldes para automóviles, piezas aeroespaciales y dispositivos médicos, las fresas de punta esférica de carburo se han convertido en herramientas indispensables gracias a su flexibilidad y precisión. Su diseño también se puede personalizar según los materiales específicos de la pieza y los requisitos de procesamiento para satisfacer diversas necesidades industriales.

Características estructurales de las fresas de bolas de carburo

El diseño estructural de las fresas esféricas de carburo es fundamental para el procesamiento eficiente de superficies curvas complejas. Suelen adoptar una estructura de mango recto o cónico, con un extremo de corte hemisférico y cuchillas distribuidas en la superficie esférica y la periferia. Sus principales características estructurales son:

Diámetro (D)

Las fresas de extremo de bola micro ($D < 6$ mm) con un rango de 1 mm a 32 mm se utilizan para grabado fino, y las fresas de extremo de bola grande ($D > 12$ mm) son adecuadas para el mecanizado en bruto de moldes.

Radio de la cabeza esférica (R)

De 0,5 mm a 16 mm, el tamaño del radio afecta directamente la suavidad y la profundidad de corte del mecanizado de la superficie, y el valor R suele ser $D/2$.

Longitud total (L)

De 50 mm a 200 mm, adecuado para diferentes longitudes de husillo de máquinas herramienta y profundidades de piezas de trabajo, y el tipo extra largo puede alcanzar los 250 mm.

Longitud de corte efectiva (l)

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 5 mm a 100 mm, determina la profundidad máxima de corte de la herramienta en la pieza de trabajo y el procesamiento de cavidad profunda se puede personalizar hasta 150 mm.

Diámetro del vástago (d)

La adaptación del diámetro de corte, comprendido entre 3 mm y 32 mm, al grado de tolerancia h6 (0/-0,006 mm), garantiza la precisión de sujeción.

Ángulo de hélice

15°-45°, el valor estándar es 30°, lo que afecta la descarga de viruta y la estabilidad del corte, y 35°-40° se usa comúnmente para el acabado (la tasa de descarga de viruta aumenta en un 15%).

Número de cuchillas

filos de corte . Los diámetros pequeños ($D < 10$ mm) suelen tener de 2 a 3 filos, mientras que los diámetros medianos y grandes ($D > 10$ mm) tienen de 4 a 6 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere una mayor rigidez de la máquina herramienta.

El filo de la fresa esférica se rectifica con precisión en múltiples pasadas (precisión $\pm 0,005$ mm) para garantizar la nitidez y la consistencia del filo (rugosidad $Ra \leq 0,1$ micras), y la parte esférica se pule con alta precisión para evitar arañazos durante el mecanizado. El cuerpo de la fresa también está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg) para reducir la vibración durante la rotación a alta velocidad (amplitud $< 0,01$ mm). Además , algunos modelos integran canales de refrigeración internos para optimizar la gestión térmica y la evacuación de viruta en la zona de corte.

Material de fresa de punta esférica de carburo

El rendimiento de las fresas esféricas de carburo cementado depende de la alta calidad de sus materiales y de la precisión de sus procesos de fabricación. El material base es un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), sinterizado mediante pulvimetalurgia. El carburo de tungsteno proporciona alta dureza y resistencia al desgaste, el cobalto aumenta la tenacidad, y la fórmula y el tamaño de partícula (0,5-2 micras) se ajustan según los requisitos de procesamiento. Los grados comunes de carburo cementado incluyen:

YG6: El contenido de cobalto es del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para procesar hierro fundido, metales no ferrosos (como aluminio, cobre) y materiales de dureza media (como acero 45#, HRC 20-25).

YT15: Contiene carburo de titanio y carburo de tungsteno, dureza HV 1900-2000, resistencia a la flexión 1600-1800 MPa, adecuado para acero y acero de aleación, y es estable a altas temperaturas (por encima de 700 °C).

YW2: Contiene carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC), dureza HV 1800-2100, resistencia a la flexión 1700-1900 MPa, especialmente diseñado para materiales difíciles de mecanizar como aleaciones de titanio (Ti-6Al-4V, HRC 30-35) y aleaciones a base de níquel (Inconel 718, HRC 40-45).

Proceso de fabricación de fresas de bolas de carburo

Preparación de materia prima

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

El polvo de carburo de tungsteno de alta pureza y el polvo de cobalto se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$) y se agregan oligoelementos de tierras raras (como Ce, Y) para optimizar la microestructura.

Prensado

La pieza bruta del cuerpo de la herramienta se forma utilizando una prensa hidráulica con una presión de 100-200 MPa y una densidad de 14,5-15 g/cm³.

Sinterización a alta temperatura

En un horno de sinterización protegido al vacío o con hidrógeno, la temperatura es de 1400 °C a 1500 °C durante 8 a 12 horas para eliminar los poros y formar una estructura densa.

Posprocesamiento

Tras la sinterización, la pieza bruta se torneá (excentricidad externa $< 0,01$ mm), se rectifica (R_a superficial $\leq 0,2$ micras) y se pule (R_a del borde $\leq 0,1$ micras). La pieza de la cabeza esférica debe procesarse con una rectificadora esférica especial. Para mejorar el rendimiento, la superficie de la herramienta se recubre:

TiN (nitruro de titanio)

Espesor de 2 a 5 micrones, dureza de 2000 a 2500 HV, fuerte resistencia al desgaste y a la oxidación, adecuado para acero en general.

TiCN (carbonitruro de titanio)

Espesor 3-6 micras, dureza 2500-3000 HV, excelente antiadherencia, adecuado para aleaciones de aluminio y acero inoxidable.

Al₂O₃ (aluminio óxido)

Espesor 5-10 micras, dureza 3000 HV, resistencia térmica hasta 1000°C, especialmente diseñado para aleaciones de alta temperatura.

El recubrimiento se deposita mediante proceso PVD o CVD, reduciendo la fricción (coeficiente $< 0,3$) y alargando la vida útil (50%-100% superior al sin recubrimiento), especialmente en corte a alta velocidad ($V_c > 300$ m/min).

Tipos de fresas de punta esférica de carburo

Según el diseño y el uso, las fresas de bolas de carburo se pueden dividir en los siguientes tipos:

Fresas de punta esférica estándar

El número de cuchillas es de 2 a 4, el ángulo de hélice es de 30° y el diámetro es de 6 a 20 mm. Es adecuado para el procesamiento general de superficies (como cavidades de moldes).

Fresas de bolas de desbaste

El número de bordes es de 2-3, la profundidad de corte es de 2-5 mm y el enfoque está en la eliminación de material, lo cual es adecuado para la etapa de procesamiento inicial.

Fresa de extremo esférico de acabado

bordes: 4-6, profundidad de corte: 0,1-2 mm, enfoque en la calidad de la superficie (R_a 0,1-0,4 μ m), utilizado para acabado.

Fresa de punta esférica de cuello largo

La longitud de corte efectiva es de 50 a 150 mm, el vástago es delgado y es adecuado para el procesamiento de cavidades profundas (como el bloque de cilindros del motor).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fresas de microbolas

Diámetro 1-6 mm, número de aristas 2, precisión $\pm 0,005$ mm, especialmente diseñado para microelectrónica y dispositivos médicos.

Parámetros técnicos de las fresas de bolas de carburo

Los parámetros de rendimiento varían según el modelo, los valores típicos son los siguientes:

Dureza: sustrato HV 1800-2100, el recubrimiento alcanza 3000 HV, la resistencia al desgaste es mejor que el HSS (HV 800-900).

Resistencia al calor: 600°C - 1000°C , la estabilidad térmica es 2-3 veces mayor que la del HSS.

Velocidad de corte (V_c):

Acero: 100-250 m/min (200 m/min para acero 45#).

Aleación de titanio: 50-150 m/min (Ti-6Al-4V tarda 100 m/min).

Aleación de aluminio: 200-500 m/min (aluminio puro: 400 m/min).

Velocidad de avance (fz): 0,05-0,3 mm/diente, acabado 0,05-0,1 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,1-5 mm, acabado 0,1-2 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm (grado IT6), redondez de la bola $< 0,005$ mm.

Rugosidad de la superficie: Ra 0,1-0,8 micrones, el acabado fino puede alcanzar 0,1 micrones.

Escenarios de aplicación de las fresas de bolas de carburo

de moldes : Procesamiento de superficies de moldes de automoción (curvatura 5-20 mm), Ra $<0,4$ micras.

Aeroespacial: Fresado de hojas de aleación de titanio (5-15 mm de espesor), planitud $< 0,01$ mm.

Dispositivos médicos: Grabado de implantes ortopédicos (10-50 mm de diámetro) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria electrónica: procesamiento de cavidades de placas de circuitos (profundidad 5-20 mm), Ra $< 0,2$ micrones.

Precauciones para el uso de fresas de bolas de carburo

Máquina herramienta: CNC de cinco ejes, descentramiento $< 0,01$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW.

Refrigeración: Fluido de corte a alta presión (presión 5 bar, caudal 15 L/min).

Parámetros: V_c 150 m/min, fz 0,1 mm/diente, ap 1 mm.

Instalación: Coaxialidad $< 0,005$ mm, fuerza de sujeción 20-30 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,3 mm o cuando la hoja esté astillada.

Diferencias entre las fresas de bolas de carburo y las fresas de extremo/frontal

Métodos de corte: fresa esférica para superficies curvas, fresa para ranuras/lados, fresa de planear para superficies planas.

de corte : punta esférica 2-6, fresa de extremo 2-10, fresa de planear 4-20.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Aplicación: fresa de punta esférica fina, fresa universal, fresa de planear de área grande.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat: "Chinatungsten 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

apéndice:

¿Qué es una fresa de perfil de carburo?

Definición y función de la fresa de conformación de carburo cementado

Las fresas de perfil de carburo son herramientas de corte rotativas de alta precisión y altamente especializadas, ampliamente utilizadas en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes y la producción de piezas mecánicas. Su característica principal es que la forma de la hoja se adapta al contorno o superficie de perfil específico que requiere la pieza. A diferencia de las fresas de uso general, las fresas de perfil de carburo están diseñadas para replicar directamente geometrías complejas predefinidas, como formas de dientes, ranuras, estrías o curvas especiales, completando así el proceso de perfilado en un solo corte sin necesidad de acabado posterior. El carburo como material base confiere a las fresas de perfil una alta dureza (HV 1800-2100), excelente resistencia al desgaste y estabilidad térmica, lo que les permite cortar eficientemente materiales de alta resistencia como acero (HRC 20-50), aleaciones de titanio, aleaciones a base de níquel y fundición dura. Las fresas de perfil se utilizan habitualmente en combinación con máquinas herramienta CNC (CNC), máquinas de procesamiento de engranajes o máquinas de perfiles especiales, y permiten replicar con precisión contornos complejos a altas velocidades (hasta 10 000 rpm) y avances precisos (0,01-0,2 mm/diente). Sus aplicaciones se centran principalmente en sectores industriales que requieren alta precisión y formas específicas, como sistemas de transmisión de automóviles, componentes de motores de aviación, fabricación de engranajes y procesamiento de moldes de precisión. La flexibilidad de diseño de las fresas de conformado de carburo cementado es extremadamente alta, y la forma y el tamaño de la hoja se pueden personalizar según los requisitos de la pieza para satisfacer las diversas necesidades de procesamiento.

Características estructurales de las fresas de conformación de carburo cementado

El diseño estructural de las fresas de conformación de carburo cementado se centra en su propósito específico. La forma de la hoja refleja directamente el contorno de la pieza de trabajo. Suelen adoptar una estructura de mango recto, cónico o modular. Sus principales características estructurales son:

Diámetro (D): Con un rango de 4 mm a 50 mm, las fresas de perfil micro ($D < 10$ mm) se utilizan para un procesamiento fino, y las fresas de perfil grande ($D > 20$ mm) son adecuadas para tareas de perfilado de alta resistencia.

Perfil de la cuchilla: Personalizado según los requisitos de la pieza de trabajo, como perfiles de dientes con un módulo de 1-8, ranuras con un radio de 2-20 mm o curvas complejas, con una precisión de perfil de hasta $\pm 0,005$ mm.

Longitud total (L): 60 mm a 250 mm, adecuado para diferentes husillos de máquinas herramienta y profundidades de piezas de trabajo, y el tipo extra largo puede alcanzar los 300 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 120 mm, determina la profundidad máxima de corte de la herramienta en la pieza de trabajo, la formación de ranuras profundas se puede personalizar hasta 150 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diámetro del vástago (d): Coincide con el diámetro de corte, que va desde 6 mm a 50 mm, con la clase de tolerancia h6 (0/-0,006 mm) para garantizar la precisión de sujeción.

Ángulo de hélice: 10°-40°, ajustado según la forma del molde, el valor estándar es 25°-30°, lo que afecta la descarga de viruta y la estabilidad del corte. Se pueden seleccionar 35°-40° para superficies curvas complejas.

de corte : 2-10 filos de corte, dependiendo del diámetro y la complejidad del conformado, normalmente 2-4 para diámetros pequeños ($D < 15$ mm) y 6-10 para diámetros grandes ($D > 15$ mm). El filo de la fresa de conformado se procesa mediante una rectificadora CNC de alta precisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar que el perfil se ajuste al diseño (rugosidad del perfil $Ra \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg) para reducir la vibración durante la rotación a alta velocidad (amplitud $< 0,01$ mm). Algunos modelos incorporan canales de refrigeración para optimizar la gestión térmica y la evacuación de viruta en la zona de corte, especialmente para ranuras profundas o conformado cerrado.

Materiales de fresado para conformado de carburo

El rendimiento de las fresas de conformación de carburo cementado depende de sus materiales de alta calidad y de sus complejos procesos de fabricación. El material base es un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), sinterizado mediante pulvimetalurgia. El carburo de tungsteno proporciona alta dureza y resistencia al desgaste, el cobalto aumenta la tenacidad, y la fórmula y el tamaño de partícula (0,5-2 micras) se optimizan según los requisitos de procesamiento. Los grados comunes de carburo cementado incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para procesar hierro fundido, metales no ferrosos y acero de dureza media (HRC 20-30).

YT14: Contiene carburo de titanio y carburo de tungsteno, dureza HV 1900-2000, resistencia a la flexión 1600-1800 MPa, adecuado para acero y acero de aleación (HRC 30-40), buena estabilidad a altas temperaturas.

YW3: Contiene carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC), dureza HV 1800-2100, resistencia a la flexión 1700-1900 MPa, especialmente diseñado para materiales difíciles de mecanizar como aleaciones de titanio (HRC 30-35) y aleaciones a base de níquel (HRC 40-45).

Proceso de fabricación de fresas de conformación de carburo cementado

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno de alta pureza y el polvo de cobalto se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1$ %) y se agrega una pequeña cantidad de estabilizador de carburo (como VC, Cr_3C_2) para mejorar la microestructura.

Prensado: Utilizando una prensa hidráulica para aplicar una presión de 150-250 MPa, el cuerpo de la herramienta en bruto se forma a una densidad de 14,5-15,2 g/cm³.

Sinterización a alta temperatura: En un horno de sinterización protegido al vacío o con hidrógeno, la temperatura es de 1400 °C a 1600 °C durante 10 a 14 horas para eliminar los poros y formar una estructura de alta densidad.

Posprocesamiento: Tras la sinterización, la pieza en bruto se torneá (excentricidad $< 0,01$ mm), se

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

rectifica mediante CNC (precisión de perfil $\pm 0,002$ mm) y se pule (filo de corte $Ra \leq 0,05$ micras). El filo de corte debe procesarse con una rectificadora de perfiles especial.

Para mejorar el rendimiento, se aplican recubrimientos a la superficie de la herramienta:

TiAlN (nitruro de aluminio y titanio): espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV, resistencia al calor hasta 900°C, adecuado para corte en seco.

TiCN (carbonitruro de titanio): espesor 3-6 micras, dureza 2500-3000 HV, fuerte antiadherencia, adecuado para aleaciones de aluminio y acero inoxidable.

DLC (recubrimiento tipo diamante): espesor 1-3 micrones, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $< 0,1$, diseñado para moldeo de alta precisión.

El recubrimiento se deposita mediante un proceso PVD, que reduce la fricción (coeficiente $< 0,3$) y prolonga la vida útil (60%-120% más que sin recubrimiento), especialmente en corte de alta velocidad ($V_c > 200$ m/min).

Tipos de fresas de perfil de carburo

Según el diseño y uso, las fresas de perfil de carburo se pueden dividir en los siguientes tipos:

Fresa de perfil de diente: El filo de corte tiene un perfil de diente de módulo 1-8, un diámetro de 10-30 mm y se utiliza específicamente para el procesamiento de engranajes (como engranajes de transmisión de automóviles).

Fresa para formar ranuras: El filo de corte es una ranura con un radio de 2-20 mm, adecuada para mecanizar chaveteros o asientos de cojinetes.

Fresa formadora de curvas: el filo es una curva compleja, adecuada para cavidades de moldes o piezas decorativas.

Fresa de conformación de borde largo: longitud de corte efectiva 50-120 mm, adecuada para ranuras profundas o conformación de varios niveles.

Fresa de micropil: diámetro 4-10 mm, precisión $\pm 0,005$ mm, especialmente diseñada para microelectrónica y piezas de precisión.

Parámetros técnicos de la fresa de conformación de carburo cementado

Los parámetros de rendimiento varían según el modelo, los valores típicos son los siguientes:

Dureza: Material base HV 1800-2100, después del recubrimiento, alcanza 3000-3500 HV y la resistencia al desgaste es mejor que la HSS.

al calor : 600°C-1000°C, alta estabilidad térmica.

Velocidad de corte (V_c):

Acero: 100-250 m/min (el acero n.º 45 necesita 180 m/min).

Aleación de titanio: 50-120 m/min (Ti-6Al-4V tarda 80 m/min).

Aleación de aluminio: 150-400 m/min (aluminio puro: 300 m/min).

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente, acabado 0,01-0,05 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,1-5 mm, acabado 0,1-2 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm (grado IT6), precisión de contorno $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,1-0,6 micras, el acabado puede alcanzar 0,1 micras.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Escenarios de aplicación de las fresas de conformación de carburo cementado

Fabricación de engranajes: procesamiento de engranajes automotrices (módulo 3-5), grado de precisión 6-8, $Ra < 0,4$ micrones.

Industria del molde: Formación de cavidad de molde (profundidad 20-50 mm), planitud $< 0,01$ mm.

Piezas aeroespaciales: Fresado de raíces de álabes de turbina (espesor 10-20 mm), $Ra < 0,3$ micras.

Piezas decorativas: Procesamiento de superficies curvas complejas (área $0,1-0,5 \text{ m}^2$), precisión $\pm 0,01$ mm.

Precauciones para el uso de fresas de conformación de carburo

Máquina herramienta: CNC o máquina de engranajes, descentramiento $< 0,01$ mm, potencia del husillo $\geq 2,5$ kW.

Refrigeración: Fluido de corte (caudal 10-20 L/min), refrigeración a alta presión (5 bar).

Parámetros: V_c 150 m/min, f_z 0,05 mm/diente, a_p 1 mm.

Instalación: Coaxialidad $< 0,005$ mm, fuerza de sujeción 20-30 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,3 mm o el perfil esté deformado.

Diferencias entre la fresa de conformación de carburo y la fresa de extremo/fresa de extremo de bola/fresa de planear

Métodos de corte: Fresa de perfiles de contornos específicos, fresa de extremo ranurado/lateral, fresa de extremo esférico de superficie curva, fresa de planear de superficie plana.

Cuchillas: conformado 2-10, fresa de extremo 2-10, punta esférica 2-6, fresa de planear 4-20.

Aplicación: Especial para conformado, general para fresado de extremos, fino para cabezal esférico, área grande para fresado frontal.

Estructura: Hoja perfilada personalizada, hoja recta de fresado de extremo, superficie esférica de cabeza esférica, disco de fresado frontal.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una fresa de desbaste de carburo?

Definición y función de la fresa de desbaste de carburo

La fresa de desbaste de carburo es una herramienta de corte rotativa de alta eficiencia y alta resistencia, ampliamente utilizada en el procesamiento de metales, el acabado de piezas fundidas y el mecanizado inicial de piezas mecánicas. Su función principal es eliminar rápidamente una gran cantidad de material para completar el conformado inicial de la superficie de la pieza, sentando las bases para el acabado posterior (como el uso de fresas de acabado de carburo o fresas de conformado). La fresa de desbaste de carburo utiliza carburo como material base. Gracias a su alta dureza (HV 1600-1900), excelente resistencia al desgaste y al impacto, puede realizar el desbaste de materiales de alta resistencia (como fundición, acero y acero inoxidable). Su diseño presenta una estructura de hoja robusta y un ángulo de corte optimizado para soportar grandes profundidades de corte y grandes avances. Se utiliza habitualmente en combinación con máquinas herramienta CNC (CNC), fresadoras verticales o centros de mecanizado pesado. Es adecuada para condiciones de procesamiento con altas velocidades (hasta 6000 RPM) y altas tasas de arranque de material (500-2000 cm³/min). Las fresas de desbaste de carburo son especialmente importantes en la producción industrial, especialmente en las industrias automotriz, de equipos energéticos y de maquinaria pesada, para la rápida eliminación de piezas brutas, el recorte de rebabas de fundición o el mecanizado de grandes superficies de piezas. Su flexibilidad de diseño permite ajustar el número de filos y la geometría según el material de la pieza y los requisitos de procesamiento, mejorando aún más la eficiencia del desbaste.

Características estructurales de la fresa de desbaste de carburo

El diseño estructural de las fresas de desbaste de carburo está diseñado para soportar altas fuerzas de corte y grandes tasas de arranque de material. Suelen adoptar estructuras de vástagos rectos, vástagos cónicos o discos de corte de gran diámetro, con filos de corte gruesos y uniformemente distribuidos. Sus principales características estructurales son las siguientes:

Diámetro (D): con un rango de 10 mm a 100 mm, las fresas de desbaste micro ($D < 20$ mm) se utilizan para piezas pequeñas, y las fresas de desbaste grandes ($D > 50$ mm) son adecuadas para tareas de corte pesadas.

Ancho de corte: puede alcanzar el 50%-80% del diámetro de la herramienta, por ejemplo, una fresa de desbaste de 50 mm de diámetro puede lograr un ancho de corte efectivo de 25-40 mm.

Longitud total (L): 80 mm a 300 mm, adecuado para diferentes husillos de máquinas herramienta y profundidades de piezas de trabajo, y el tipo extra largo puede alcanzar los 350 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 20 mm a 150 mm, determina la profundidad máxima de corte de la herramienta en la pieza de trabajo, adecuada para ranuras profundas o desbaste de áreas grandes.

Diámetro del vástago (d): Coincide con el diámetro de corte, desde 12 mm a 80 mm, con clase de tolerancia h6 (0/-0,006 mm) para garantizar la estabilidad de la sujeción.

Ángulo de hélice: 10°-30°, el valor estándar es 15°-20°, optimiza la fuerza de corte y la descarga de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

viruta, el ángulo de hélice más bajo se utiliza a menudo para el mecanizado en bruto para mejorar la resistencia.

de corte : 2-12 filos de corte, dependiendo del diámetro y la carga de corte, 2-4 para diámetro pequeño ($D < 30$ mm), 6-12 para diámetro grande ($D > 30$ mm), aumentar el número de filos de corte puede dispersar la fuerza de corte.

El filo de la fresa de desbaste está fabricado con carburo de grano grueso (tamaño de grano: 2-5 micras) para mejorar la resistencia al impacto (resistencia a la flexión: 2000-2400 MPa). Además, está rectificado a fondo (precisión: $\pm 0,01$ mm) para garantizar su durabilidad (rugosidad $Ra \leq 0,2$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio: < 10 g·mm /kg) para reducir la vibración durante el corte a alta velocidad (amplitud: $< 0,02$ mm). Algunos modelos incorporan ranuras de viruta ensanchadas o nervaduras de refuerzo para optimizar la evacuación de la viruta y la rigidez estructural.

Materiales de fresado de desbaste de carburo

El rendimiento de las fresas de desbaste de carburo cementado depende de su alta tenacidad y resistencia al impacto. El material base es un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y un alto contenido de cobalto, sinterizado mediante un proceso de pulvimetalurgia. El alto contenido de cobalto mejora la tenacidad y resiste el corte intermitente y las cargas de impacto durante el desbaste. Las calidades comunes de carburo cementado incluyen:

YG10: Contenido de cobalto 10%, dureza HV 1600-1700, resistencia a la flexión 2200-2400 MPa, adecuado para procesar hierro fundido (como HT300, HB 200-250) y palanquilla de acero en bruto (HRC 20-30).

YC45: Contenido de cobalto 12%, dureza HV 1500-1600, resistencia a la flexión 2400-2600 MPa, adecuado para acero inoxidable (como 304, HRC 15-20) y materiales de alta tenacidad.

YW4: Contiene carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC), dureza HV 1700-1800, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especialmente diseñado para el mecanizado en bruto de aleaciones de titanio (HRC 30-35) y aleaciones a base de níquel.

Proceso de fabricación de fresa de desbaste de carburo

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno de alta pureza y el polvo de cobalto se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1$ %), y se agrega carburo de titanio (TiC) o carburo de niobio (NbC) para mejorar el rendimiento a alta temperatura.

Prensado: Utilizando una prensa hidráulica para aplicar una presión de 200-300 MPa, el cuerpo de la herramienta en bruto se forma a una densidad de $14,2-14,8$ g/cm³.

Sinterización a alta temperatura: En un horno de sinterización protegido al vacío o con hidrógeno, la temperatura es de 1400 °C a 1550 °C durante 10 a 15 horas para formar una estructura de alta tenacidad.

Postratamiento: Después de la sinterización, la pieza en bruto se tornea (extremo exterior $< 0,01$ mm), se rectifica (superficie $Ra \leq 0,3$ micras) y se refuerza (capa de endurecimiento superficial $0,1-0,2$ mm).

Para mejorar la durabilidad, la superficie de la herramienta está recubierta:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

TiAlN (nitruro de aluminio y titanio): espesor 4-10 micrones, dureza 2800-3200 HV, resistencia al calor hasta 1000°C, fuerte resistencia al impacto y a la oxidación.

AlCrN (nitruro de cromo y aluminio): espesor 3-7 micrones, dureza 3000-3400 HV, excelente resistencia al desgaste y a la corrosión, adecuado para corte en seco.

Recubrimiento multicapa: TiN+AlCrN+ TiCN, espesor 6-12 micras, con un rendimiento integral excepcional.

El recubrimiento se deposita mediante un proceso PVD, que reduce la fricción (coeficiente $< 0,3$) y prolonga la vida útil (entre un 50% y un 100% más que sin recubrimiento), especialmente en condiciones de corte intermitente y carga pesada.

Tipos de fresas de desbaste de carburo

Según el diseño y el uso, las fresas de desbaste de carburo se pueden dividir en los siguientes tipos:
Fresa de desbaste de borde recto: número de filos 2-4, ángulo de hélice 15°, diámetro 10-30 mm, adecuada para el procesamiento inicial de piezas fundidas.

Fresa de desbaste con borde corrugado: la amplitud de onda de la cuchilla es de 0,2-0,5 mm, lo que reduce la vibración y es adecuada para el procesamiento de piezas de paredes delgadas.

Fresa de desbaste de gran diámetro: diámetro 50-100 mm, número de filos 6-12, diseñada para desbastar áreas grandes.

de desbaste lateral: el borde lateral se ensancha, el ancho de corte es de 30 a 80 mm, adecuado para el mecanizado en bruto de lados y escalones.

Fresa de desbaste de ranuras profundas: longitud de corte efectiva 50-150 mm, adecuada para desbaste de cavidades profundas.

Parámetros técnicos de la fresa de desbaste de carburo

Los parámetros de rendimiento varían según el modelo, los valores típicos son los siguientes:

Dureza: Material base HV 1500-1800, después del recubrimiento, alcanza 3000-3400 HV, con una fuerte resistencia al impacto.

Resistencia al calor: 600 °C - 900 °C, adecuado para cortes pesados.

Velocidad de corte (V_c):

Acero: 80-200 m/min (150 m/min para acero 45#).

Hierro fundido: 120-300 m/min (HT300 tarda 200 m/min).

de titanio: 40-100 m/min (Ti-6Al-4V tarda 70 m/min).

Velocidad de avance (fz): 0,2-0,8 mm/diente, desbaste 0,5-0,8 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 2-15 mm, desbaste 5-15 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,02$ mm (grado IT6), planitud $< 0,02$ mm.

Rugosidad de la superficie: Ra 3,2-12,5 micrones, el valor típico de rugosidad es 6,3 micrones.

Escenarios de aplicación de las fresas de desbaste de carburo

Acabado de fundición: Eliminación de sobrantes de piezas brutas de fundición (espesor 5-20 mm), eficiencia 1000 cm³ / min.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Industria del automóvil: Mecanizado basto de superficies de cilindros (área 1-3 m²), Ra<6,3 micras.
Equipos energéticos: Fresado de torres de aerogeneradores (profundidad 50-100 mm), profundidad de corte 10-15 mm.

Maquinaria pesada: Mecanizado de placas de acero de grandes dimensiones (espesor 20-50 mm) con una velocidad de arranque de material de 1500 cm³/min.

Precauciones para el uso de fresas de desbaste de carburo

Máquina herramienta: CNC de alto rendimiento, descentramiento < 0,02 mm, potencia del husillo ≥ 10 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alto caudal (30-60 L/min), refrigeración de alta presión (7 bar).

Parámetros: Vc 150 m/min, fz 0,6 mm/diente, ap 10 mm.

Instalación: Coaxialidad <0,01 mm, fuerza de sujeción 50-80 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,5 mm o cuando la hoja esté astillada.

Diferencias entre una fresa de desbaste de carburo y una fresa de extremo/fresa de extremo de bola/fresa de planear/fresa de conformado

Métodos de corte: Fresa de desbaste para eliminación de gran volumen de material, fresa para ranuras/laterales, fresa de bola para superficies curvas, fresa de planear para superficies planas, fresa de perfiles para contornos específicos.

de corte : fresa de desbaste 2-12, fresa de extremo 2-10, fresa de punta esférica 2-6, fresa de planear 4-20, fresa de conformado 2-10.

Aplicación: Fresa de desbaste para procesamiento inicial, fresa de extremo para uso general, fresa de cabeza esférica para procesamiento fino, fresa de planear para áreas grandes, especial para conformado.

Estructura: Fresa de desbaste con hoja gruesa, fresa de extremo con hoja recta, cabeza esférica y superficie esférica, fresa de planear con disco, moldura personalizada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una fresa de acabado de carburo?

Definición y función de la fresa de acabado de carburo cementado

Las fresas de acabado de carburo son herramientas de corte rotativas de alta precisión y alta calidad superficial, ampliamente utilizadas en metalurgia, fabricación de moldes, industria aeroespacial y producción de piezas de maquinaria de precisión. Su función principal es lograr alta planitud, alto acabado y geometría precisa en la superficie de la pieza mediante corte fino, generalmente como proceso de seguimiento después del desbaste (como las fresas de desbaste de carburo). Las fresas de acabado de carburo utilizan carburo como sustrato. Con su alta dureza (HV 1800-2100), excelente resistencia al desgaste y estabilidad, pueden cortar eficientemente materiales de alta resistencia como acero (HRC 20-50), aleaciones de titanio, acero inoxidable y aleaciones de aluminio. Su diseño presenta una hoja fina y ángulos de corte optimizados para reducir la vibración y los defectos superficiales. Generalmente se utiliza junto con máquinas herramienta CNC (CNC), centros de mecanizado de alta precisión o máquinas herramienta de cinco ejes. Es adecuada para condiciones de acabado con velocidades medias (3000-8000 RPM) y profundidades de corte bajas (0,05-2 mm). Las fresas de carburo son esenciales en la producción industrial, especialmente en la fabricación de piezas de motores de automóviles, álabes de turbinas aeroespaciales, moldes de precisión y componentes electrónicos, para mejorar la calidad superficial y la precisión dimensional. Su flexibilidad de diseño permite personalizar el número de filos, los ángulos de hélice y los recubrimientos según los requisitos de la pieza, satisfaciendo así las necesidades de mecanizado de alta precisión.

Características estructurales de la fresa de acabado de carburo cementado

El diseño estructural de las fresas de carburo busca una alta precisión y calidad superficial. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto o cónico, y el filo está finamente rectificado para reducir las marcas de corte. Sus principales características estructurales son:

Diámetro (D): con un rango de 2 mm a 40 mm, se utilizan fresas microfinas ($D < 10$ mm) para grabado fino, y fresas finas grandes ($D > 20$ mm) son adecuadas para el acabado de áreas grandes.

Ancho de corte: puede alcanzar el 50%-70% del diámetro de la herramienta, por ejemplo, una fresa de 20 mm de diámetro puede lograr un ancho de corte efectivo de 10-14 mm.

Longitud total (L): 50 mm a 200 mm, adecuado para diferentes husillos de máquinas herramienta y profundidades de piezas de trabajo, y el tipo extra largo puede alcanzar los 250 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 5 mm a 80 mm, determina la profundidad máxima de corte de la herramienta en la pieza de trabajo y es adecuada para acabados superficiales.

Diámetro del vástago (d): Coincide con el diámetro de corte, que va desde 3 mm a 40 mm, con la clase de tolerancia h6 (0/-0,006 mm) para garantizar la precisión de sujeción.

Ángulo de hélice: 25° - 45° , el valor estándar es de 30° - 35° , lo que optimiza la evacuación de viruta y el acabado superficial. En el acabado se suelen utilizar ángulos de hélice más altos para reducir la vibración.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de corte : De 2 a 10 filos , según el diámetro y la precisión del mecanizado. Los diámetros pequeños ($D < 15$ mm) tienen de 2 a 4 filos, y los diámetros grandes ($D > 15$ mm) tienen de 6 a 10 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la calidad superficial, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El filo de la fresa está fabricado con carburo de grano fino (tamaño de grano: 0,5-2 micras) para una mayor resistencia al desgaste (resistencia a la flexión: 1800-2000 MPa). Además, está rectificado con ultraprecisión (precisión: $\pm 0,002$ mm) para garantizar un filo afilado y una consistencia uniforme (rugosidad del filo: $Ra \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg) para reducir la vibración durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Algunos modelos incorporan microorificios de refrigeración para optimizar la gestión térmica y el control de viruta en la zona de corte.

Materiales de fresado de carburo

El rendimiento de las fresas de acabado de carburo cementado se basa en su alta dureza y resistencia al desgaste. El material base es un compuesto de carburo de tungsteno (WC) con un contenido moderado de cobalto, sinterizado mediante un proceso de pulvimetalurgia. La fina estructura de las partículas y el recubrimiento optimizado garantizan la estabilidad y la calidad superficial durante el acabado. Los grados comunes de carburo cementado incluyen:

YG6N: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para procesar acero y hierro fundido, con excelente acabado superficial.

YT10: Contiene carburo de titanio y carburo de tungsteno, dureza HV 1900-2000, resistencia a la flexión 1600-1800 MPa, adecuado para acero aleado y acero inoxidable.

YW1T: Contiene carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC), dureza HV 1800-2100, resistencia a la flexión 1700-1900 MPa, especialmente diseñado para el acabado de aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel.

Proceso de fabricación de fresas de acabado de carburo cementado

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno de alta pureza y el polvo de cobalto se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1$ %) y se agrega carburo de titanio (TiC) para mejorar la resistencia al desgaste.

Prensado: Utilice una prensa hidráulica para aplicar una presión de 150-200 MPa para formar el cuerpo de la herramienta en blanco con una densidad de 14,5-15 g/cm³.

Sinterización a alta temperatura: en un horno de sinterización protegido al vacío o con hidrógeno, la temperatura es de 1400 °C a 1500 °C durante 8 a 12 horas para formar una estructura de alta densidad.

Post-procesamiento: Después de la sinterización, las piezas se tornean (desplazamiento externo $< 0,01$ mm), se rectifican con ultraprecisión (precisión de perfil $\pm 0,002$ mm) y se pulen (borde $Ra \leq 0,05$ micras).

Para mejorar el rendimiento, se aplican recubrimientos a la superficie de la herramienta:

TiAlN (nitruro de aluminio y titanio): espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV, resistencia al calor

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

hasta 900°C, reduce los arañazos superficiales.

DLC (Recubrimiento de carbono tipo diamante): Espesor 1-3 micrones, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción <0,1, diseñado para procesamiento de alto acabado.

Recubrimiento multicapa: TiN+TiCN+Al₂O₃, espesor 5-12 micrones, resistencia integral al desgaste y al calor.

El recubrimiento se deposita mediante un proceso PVD, que reduce la fricción (coeficiente < 0,2) y prolonga la vida útil (60%-120% más que sin recubrimiento), especialmente en acabados de corte bajo.

Tipos de fresas de acabado de carburo

Según el diseño y la aplicación, las fresas de acabado de carburo se pueden dividir en los siguientes tipos:

Fresa de acabado estándar: 2-4 cuchillas, ángulo de hélice de 30°, diámetro de 6-20 mm, adecuada para acabado general.

de punta esférica: El extremo de corte es esférico, con un radio de 1-10 mm, especialmente diseñado para el acabado de superficies curvas.

Fresa de acabado plano: número de cuchillas 6-10, profundidad de corte 0,1-2 mm, adecuada para acabado plano.

Fresa de acabado de cuello largo: longitud de corte efectiva 50-80 mm, adecuada para el acabado de cavidades profundas.

Fresa micro: diámetro 2-10 mm, precisión ±0,005 mm, especialmente diseñada para microelectrónica y piezas médicas.

Parámetros técnicos de la fresa de acabado de carburo

Los parámetros de rendimiento varían según el modelo, los valores típicos son los siguientes:

Dureza: Material base HV 1800-2100, después del recubrimiento, alcanza 3000-3500 HV, con una fuerte resistencia al desgaste.

Resistencia al calor: 600 °C - 900 °C, adecuado para cortes de precisión.

Velocidad de corte (V_c):

Acero: 120-250 m/min (180 m/min para acero 45#).

Aleación de titanio: 60-150 m/min (Ti-6Al-4V tarda 100 m/min).

Aleación de aluminio: 200-500 m/min (aluminio puro: 350 m/min).

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente, acabado 0,01-0,05 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-2 mm, acabado 0,05-1 mm.

Tolerancia: diámetro ±0,01 mm (grado IT6), planitud <0,005 mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,05-0,4 micras, el acabado puede alcanzar 0,05 micras.

Escenarios de aplicación de las fresas de acabado de carburo

de moldes: Acabado de la superficie del molde (área 0,2-1 m²), Ra<0,2 micras.

Aeroespacial: Fresado de capas de aleación de aluminio (espesor 5-15 mm), planitud < 0,01 mm.

Industria automotriz: Acabado de superficies de culatas (área 0,5-2 m²), Ra<0,1 micras.

Industria electrónica: Procesamiento de bordes de placas de circuitos (profundidad 5-10 mm),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

precisión $\pm 0,005$ mm.

Precauciones para el uso de fresas de acabado de carburo

Máquina herramienta: CNC de alta precisión, descentramiento $<0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 2 kW.

Refrigeración: Fluido de corte (caudal 10-20 L/min), lubricación por cantidad mínima (MQL) opcional.

Parámetros: V_c 180 m/min, f_z 0,03 mm/diente, a_p 0,5 mm.

Instalación: Coaxialidad $<0,002$ mm, fuerza de sujeción 15-25 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,2 mm o se produzcan rayones en la superficie.

Diferencias entre fresa de acabado de carburo y fresa de extremo/ fresa de extremo esférico/fresa de planear/fresa de conformado/fresa de desbaste

Método de corte: fresa de precisión para superficies finas, fresa de extremo para ranuras/lados, fresa de extremo esférico para superficies curvas, fresa de planear para superficies planas, fresa de perfil para contornos específicos, fresa de desbaste para eliminación de gran volumen de material.

de corte : fresa de acabado 2-10, fresa de extremo 2-10, fresa de punta esférica 2-6, fresa de planear 4-20, fresa de conformación 2-10, fresa de desbaste 2-12.

Aplicación: Fresa de precisión para acabado, fresa de extremo para uso general, fresa de cabeza esférica para precisión, fresa de planear para áreas grandes, especial para conformación, fresa de desbaste para procesamiento preliminar.

Estructura: La fresa de acabado tiene un borde fino, la fresa de extremo tiene un borde recto y una cabeza esférica, la fresa de planear tiene un disco y está hecha a medida, y la fresa de desbaste es gruesa y resistente.

Comparación de los tipos de fresas de carburo

categoría	Fresa de acabado	Fresa de extremo	Fresas de punta esférica	Fresa de planear	Fresa de conformación	Fresa de desbaste
Método de corte	Superficie fina	Ranura/Lateral	Superficie	departamento	Esquema específico	Eliminación de material de gran tamaño
Número de cuchillas	2-10	2-10	2-6	4-20	2-10	2-12
solicitud	refinamiento	General	bien	Área grande	dedicado	Procesamiento primario
estructura	Hoja fina	Borde recto	Esférico	desct	por encargo	

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento , satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción , química y militar, entre otros . Si necesita fresas de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.
Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat : " Chinatungsten Online"



apéndice:

¿Cuáles son los estándares chinos para las fresas de carburo?

China ha formulado diversas normas nacionales e industriales para las fresas de carburo cementado, que abarcan su clasificación, tipo y tamaño, condiciones técnicas, etc. Estas normas, gestionadas por el Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas de Corte (SAC/TC 207), tienen por objeto regular el diseño, la fabricación y la aplicación de las fresas de carburo cementado para garantizar la calidad del producto y el rendimiento del procesamiento. A continuación, se presenta un resumen de las principales normas y su contenido relacionado:

1. Normas nacionales

GB/T 16456.2-2008 Fresas de extremo de dientes helicoidales de carburo Parte 2: 7:24 Fresas de extremo de mango cónico Tipos y dimensiones

Las fresas de extremo de vástago cónico entre las fresas de extremo de dientes espirales de carburo se especifican, que son adecuadas para fresado de ranuras y fresado lateral en el corte de metal.

Fecha de implementación: 01-01-2009, reemplazando GB/T 16456.2-1996.

GB/T 16456.3-2008 Fresas de extremo con dientes helicoidales de carburo Parte 3: Tipos y dimensiones de fresas de extremo con vástago cónico Morse

Se especifican fresas de dientes en espiral con vástago cónico Morse , que son adecuadas para el mecanizado de alta precisión.

Fecha de implementación: 01-01-2009.

GB/T 16770.1-2008 Fresas de extremo recto de carburo sólido Parte 1: Tipos y dimensiones

Especifica los tipos y tamaños de fresas de vástago recto de carburo sólido, cubriendo una amplia gama de especificaciones y adecuadas para fresado general.

GB/T 25992-2010 Dimensiones de fresas de punta esférica de mango recto de carburo sólido y cerámica

Especifica las dimensiones de las fresas de punta esférica de vástago recto fabricadas en carburo sólido y materiales cerámicos, adecuadas para el mecanizado de superficies complejas.

GB/T 10948-2006 Fresa de carburo para ranuras en T

Se especifican los tipos y tamaños de fresas de carburo para ranuras en T, que son adecuadas para mecanizar ranuras en T.

GB/T 14301-2008 Fresa de hoja de sierra de carburo sólido

Especifica los tipos y tamaños de fresas de hojas de sierra de carburo sólido adecuadas para operaciones de corte y división.

GB/T 6120-2012 Fresa de hoja de sierra

Especifica los tipos y tamaños de fresas de hojas de sierra, incluido el uso de materiales de carburo.

2. Estándares de la industria

JB/T 7971-1999 Fresa de extremo de vástago recto con engranaje helicoidal de carburo

Especifica los tipos y tamaños de fresas de extremo recto con dientes helicoidales de carburo adecuadas para corte inclinado.

Reemplaza JB/T 7971-1995.

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

JB/T 7972-1999 Fresa de extremo de vástago cónico con dientes helicoidales de carburo
fresas de extremo cónico con dientes helicoidales de carburo , adecuadas para el mecanizado cónico.
Reemplaza JB/T 7972-1995.

JB/T 11744-2013 Fresas de extremo de borde ondulado trasero de carburo sólido
Especifica los tipos y tamaños de fresas de extremo ondulado trasero de carburo sólido, adecuadas para corte de alta eficiencia.

JB/T 13685-2020 Fresa de roscar de carburo sólido
Especifica los tipos y tamaños de fresas de roscar de carburo sólido adecuadas para el mecanizado de roscas.

Serie JB/T 7966 (Fresadora de moldes)

Incluidas las fresas de punta esférica cilíndricas de vástago recto aplanado JB/T 7966.2-1999), JB/T 7966.3-1995 (fresa de punta esférica cilíndrica de vástago con cono Morse), JB/T 7966.8-1999 (fresa de punta esférica cónica de vástago con cono Morse), JB/T 7966.9-1995 (fresa de punta esférica cónica de vástago con cono Morse), que son especificaciones para fresas de carburo utilizadas en el procesamiento de moldes.

Fresa circular de carburo JB/T 8776-2018 para carpintería

Especifica los tipos y tamaños de fresas circulares de carburo para trabajar la madera, adecuadas para el procesamiento de madera.

3. Requisitos técnicos y aplicaciones

Las fresas de carburo suelen utilizar grados YG (tungsteno-cobalto), YT (tungsteno-titanio-cobalto) o YW (tungsteno-titanio-tantalio-cobalto), que cumplen los requisitos técnicos de GB/T 2072-2006. Los recubrimientos (como PVD TiN o CVD TiAlN) pueden aumentar la resistencia al desgaste y al calor según los requisitos de GB/T 2073-2013.

Recomendaciones de parámetros de corte: 100-400 m/min para acero, 200-1000 m/min para aleaciones de aluminio, 150-500 m/min para fundición. Para más detalles, consulte la Guía de Parámetros Geométricos GB/T 5319-2017.

4. Características y desarrollo

Estas normas reflejan el desarrollo diversificado de las fresas de carburo cementado de China, desde aquellas de uso general hasta aquellas de uso especial (como fresas de roscar y fresas de punta esférica).

Algunas normas son equivalentes a las normas ISO (por ejemplo, la serie GB/T 16456 hace referencia a ISO 6108:1978) y reflejan normas internacionales.

En los últimos años, la aplicación de fresas de carburo sólido (como JB/T 13685-2020) en el mecanizado CNC ha aumentado, y las políticas de devolución de impuestos a la exportación (como la tasa de devolución de impuestos del 13% según el artículo 82077000) también han promovido el desarrollo de la industria.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento , satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción , química y militar, entre otros . Si necesita fresas de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.
Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat : " Chinatungsten Online"



apéndice:

JB/T 8776-2018

Fresa circular de carburo para carpintería

Fresas de arco circular de carburo para carpintería

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma JB/T 1-1996 "Reglas para la elaboración de normas de la industria de maquinaria". Esta norma sustituye a la norma JB/T 8776-2010 "Fresas circulares de carburo para carpintería". En comparación con la norma JB/T 8776-2010, los principales cambios técnicos incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas circulares, la adición de instrucciones sobre la aplicabilidad del recubrimiento, el ajuste de las especificaciones de diseño de las cuchillas y la armonización parcial con las normas internacionales para herramientas de carpintería.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de redacción de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Universidad Forestal de Nanjing. Principales redactores de esta norma:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de ensayo, reglas de inspección y marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de fresas circulares de carburo para carpintería.

1.2 Esta norma se aplica al conformado circular, fresado de ranuras y recorte de cantos en carpintería. El material de la herramienta es carburo y cumple con la norma GB/T 2072-2006.

1.3 Esta norma no se aplica a fresas no circulares ni a herramientas de corte para aplicaciones no relacionadas con la carpintería.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

JB/T 1-1996, Reglas para la elaboración de normas para la industria de maquinaria

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 1565:1975, Herramientas para trabajar la madera — Vocabulario

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

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 Fresa de arco de carburo para trabajar la madera

Herramienta de corte de arco hecha de carburo, especialmente utilizada para la formación de arcos y el recorte de bordes en el procesamiento de materiales de madera.

3.2 Radio del arco

El radio de la parte del arco de la hoja, que afecta la curvatura del procesamiento y la calidad de la superficie.

3.3 Número de

filos de corte El número de filos de corte de la herramienta, que determina la eficiencia de corte y el acabado de la superficie.

4 Símbolos y abreviaturas

D : Diámetro de la herramienta (mm)

L : Longitud total (mm)

R : Radio del arco (mm)

d : Diámetro del vástago (mm)

WC : carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: cuchilla de arco de un solo extremo , 2-4 cuchillas, adecuada para la formación de arco general.

Tipo de mecanizado de desbaste: 2-3 filos de corte, radio de arco más grande y ranura de viruta más profunda.

Tipo de acabado: 4-6 filos de corte, radio de arco preciso y alto acabado superficial.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D) : 6 mm a 25 mm.

Longitud total (L) : 50 mm a 120 mm.

Radio del arco (R) : 2 mm a 12 mm.

Diámetro del vástago (d) : 6 mm a 25 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,02$ mm (grado IT6).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

Tolerancia del radio del arco: $\pm 0,05$ mm.

5.4 Número de cuchillas

$D \leq 12$ mm: 2-3 hojas.

$D > 12$ mm: 3-6 hojas.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Cumple con GB/T 2072-2006, los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) y YW2 (HV 1800-2100), adecuados para el procesamiento de madera.

6.2 Recubrimiento

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

El recubrimiento PVD opcional (TiN , TiCN , espesor 2-4 μm) puede mejorar la resistencia al desgaste y las propiedades antiadherentes.

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 60\text{ N}$.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2\text{ }\mu\text{m}$.

6.4 Diseño de la cuchilla

La hoja de arco tiene una transición suave y el borde de corte está biselado 0,1 mm para reducir el desgarro de la madera.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de la dimensión se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01\text{ mm}$.

7.2 La medición del radio del arco se

realizará utilizando un medidor de redondez con un error de $\pm 0,05\text{ mm}$.

7.3 Prueba de rendimiento de corte Se mecanizará una ranura de arco de 10 mm de profundidad

en una muestra de roble con una velocidad de corte de 200 m/min y un acabado superficial de $R_a \leq 6,3\text{ }\mu\text{m}$.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el radio del arco y la adherencia del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-10 $\times$ 80-R5) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice embalajes a prueba de humedad y bolsas de plástico para sellar y colocar en cajas de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>40\text{ }^{\circ}\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Radio del arco (R, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Número de cuchillas
6	50	2	6	2
10	80	5	10	3
16	100	8	16	4
25	120	12	25	6

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
madera dura	150-300	0,1-0,3	1-3
corcho	200-400	0,2-0,4	2-5
MDF	180-350	0,15-0,35	1-4

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento : 31/12/2018

Fecha de entrada en vigor : 01/07/2019

Norma industrial n.º : JB/ T 8776-2018

Comité Técnico : SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS : 25.100.70 (Herramientas para trabajar la madera)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en la estructura de la norma JB/T 8776-2018 y la práctica industrial de las fresas de arco de carburo para carpintería. Dado que el texto completo oficial no está disponible, este artículo asume algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se refiere a las características generales de las fresas de arco en el procesamiento de la madera (como radio del arco y diseño de la cuchilla). Estas suposiciones buscan mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma JB/T 8776-2018 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice:

¿Qué es una fresa de arco de carburo para trabajar la madera?

1. Definición y función de la fresa circular de carburo para trabajar la madera.

La fresa circular de carburo para carpintería es una herramienta de corte de precisión de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de la madera. Se utiliza ampliamente en la fabricación de muebles, el procesamiento de decoración de madera, la producción de componentes de construcción de estructuras de madera, el moldeado de productos de madera y el tallado artesanal de madera. Su hoja adopta un diseño de arco único, especialmente optimizado para el procesamiento de diversos materiales de madera como madera, contrachapado, tableros de fibra de densidad media (MDF), tableros de partículas, laminados, bambú, corcho y tableros artificiales. Su función principal es lograr el procesamiento de curvas suaves, fresado de ranuras, biselado de bordes, moldeado de contornos complejos y tallado decorativo mediante su filo de corte en forma de arco. Puede lograr un tratamiento superficial de alta precisión y alta calidad en un solo corte. Es especialmente adecuada para proyectos de carpintería que requieren transiciones suaves o curvas elegantes, como el diseño aerodinámico de bordes de muebles, biselados decorativos de paneles de puertas o marcos de ventanas, tallados finos de artesanías de madera y el recorte de curvas de piezas de instrumentos musicales. El carburo cementado como sustrato proporciona alta dureza (HV 1500-1800), excelente resistencia al desgaste y propiedades antiadherentes, lo que le permite soportar la alta velocidad (hasta 18.000 RPM), el corte de alta frecuencia y las cargas de impacto causadas por impurezas en la madera (como nudos, resinas o materias extrañas) en el procesamiento de la madera.

Las fresas circulares de carburo para carpintería se utilizan habitualmente en combinación con máquinas de grabado, máquinas CNC, centros de mecanizado multieje, fresadoras manuales profesionales o incluso equipos de grabado manual. Son especialmente eficaces en la producción de muebles a medida, la decoración de interiores, el tallado tradicional en madera y la fabricación de instrumentos musicales. Su diseño es extremadamente flexible, y el radio del arco (desde un arco pequeño, como 2 mm, hasta una curva amplia, como 25 mm), el ángulo de la hoja, la profundidad de corte y el número de hojas se pueden personalizar según los requisitos de procesamiento, satisfaciendo así las diversas necesidades, desde el grabado manual hasta la producción industrial en masa. En la industria de la carpintería, esta herramienta es muy apreciada por su alta eficiencia, la protección de las fibras de la madera, la reducida necesidad de procesamiento secundario y su gran adaptabilidad a curvas complejas, especialmente en el mercado de muebles de alta gama, el tallado artístico en madera y el procesamiento de productos de madera respetuosos con el medio ambiente. Se ha convertido gradualmente en un estándar. Además, con la popularización de los equipos de carpintería inteligentes (como el CNC con parámetros de optimización de IA), las fresadoras circulares también admiten la integración con sistemas de control inteligente para ajustar dinámicamente los parámetros de corte para adaptarse a los cambios en la densidad y la humedad de diferentes maderas.

2. Características estructurales de las fresas circulares de carburo para trabajar la madera.

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

El diseño estructural de las fresas de arco de carburo para carpintería busca lograr un procesamiento preciso de las curvas, reducir el desgarrar de la madera, optimizar la descarga de virutas y mejorar la estabilidad del procesamiento. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto (a veces presente en diseños de mango cónico para equipos industriales de gran tamaño), con una hoja en forma de arco y filos de corte distribuidos en la circunferencia y la cara frontal, considerando las capacidades de corte tanto axial como radial. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D)

Con un rango de 6 mm a 50 mm, las fresas de arco pequeñas ($D < 15$ mm) son adecuadas para tallado fino (como pequeños adornos de madera, modelos o piezas de muebles en miniatura), las de tamaño mediano ($D = 15-30$ mm) son adecuadas para el procesamiento de bordes de muebles, recorte de paneles de puertas o formación de curvas de paneles decorativos de tamaño mediano, las fresas de arco grandes ($D > 30$ mm) se utilizan para la formación de curvas de áreas grandes, recorte de componentes de construcción o procesamiento de placas gruesas (como vigas y columnas de madera maciza).

Radio del arco (R)

De 2 mm a 25 mm, el tamaño del radio se personaliza según la curvatura del proceso y los requisitos estéticos. Por ejemplo, $R=2-5$ mm es adecuado para microchaflanes o tallados delicados (como joyeros de madera); $R=10-15$ mm es adecuado para transiciones de arco amplio en los bordes de marcos de puertas, ventanas o armarios; y $R=20-25$ mm se utiliza para curvas estilizadas de paneles decorativos grandes o paneles de techo curvos. La precisión del radio se controla con un margen de $\pm 0,01$ mm mediante rectificado CNC.

Longitud total (L)

De 50 mm a 150 mm, ideal para longitudes de husillo que van desde herramientas manuales (50-80 mm) hasta máquinas herramienta CNC industriales (100-150 mm). El modelo extra largo (200 mm) se utiliza a menudo para el procesamiento de curvas profundas, el corte de apilado de madera multicapa o piezas complejas que requieren voladizos largos. La tolerancia de longitud se controla a $\pm 0,1$ mm.

Longitud de corte efectiva (l)

De 10 mm a 60 mm, lo que determina la profundidad máxima de corte de la herramienta en la pieza. El mecanizado superficial (10-20 mm) es adecuado para la decoración de superficies o el recorte de cantos de placas delgadas, mientras que el mecanizado medio-profundo (30-60 mm) es adecuado para el fresado de ranuras, el conformado de placas gruesas o el grabado profundo. La relación entre la longitud de corte y el diámetro de la herramienta no suele ser superior a 3:1 para evitar vibraciones.

Diámetro del vástago (d)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

En cuanto al diámetro de corte, las especificaciones comunes son 6 mm, 8 mm, 10 mm y 12 mm, con un grado de tolerancia h6 (0/-0,006 mm), lo que garantiza un ajuste perfecto con el mandril o husillo. El diámetro máximo puede alcanzar los 12 mm para soportar una alta transmisión de par (rango de par de 5-20 Nm), y el tratamiento de endurecimiento superficial mejora la resistencia al desgaste.

Ángulo de hélice

15°-30° (valor estándar: 20°-25°). El diseño del ángulo de hélice reduce el desgarro de la fibra de madera al optimizar el flujo de viruta. 25° se utiliza comúnmente para el procesamiento fino, mejorando la suavidad de la superficie (reduciendo el valor Ra entre un 10% y un 15%), y 15°-20° se puede seleccionar para el procesamiento basto, mejorando la resistencia al corte y al impacto. Algunos modelos personalizados admiten ángulos de hélice ajustables para adaptarse a diferentes texturas de madera.

Número de cuchillas

2-4 filos de corte, el diámetro pequeño ($D < 15$ mm) generalmente es de 2 filos para reducir la resistencia de corte y reducir la acumulación de calor, el diámetro mediano y grande ($D > 15$ mm) es de 3-4 filos para mejorar la eficiencia de corte y la distribución de la carga, el espaciado de la hoja se calcula con precisión (error $< 0,02$ mm) para garantizar una carga de corte uniforme y reducir el desgaste local.

El filo de la fresa de arco se procesa mediante una rectificadora CNC de alta precisión (precisión $\pm 0,01$ mm) para garantizar un perfil de arco liso y sin dentados (rugosidad del perfil $Ra \leq 0,1$ micras). El filo está diseñado con un ángulo de ataque negativo (de 0° a -5°) o ligeramente positivo (de 0° a 5°) para proteger la textura de la madera y evitar el colapso del filo, las rebabas o el desgarro de la fibra, especialmente en cortes transversales. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 12 000 RPM) para minimizar la vibración (amplitud $< 0,01$ mm) a alta velocidad, prolongando así la vida útil de la herramienta y de las máquinas herramienta. Algunos modelos de gama alta incorporan ranuras de viruta ensanchadas (ancho de 1-2 mm), canales laterales de extracción de viruta o diseños especiales de chaflán (ángulo de 5°-10°), lo que mejora significativamente la eficiencia de extracción de viruta (un 20%-30%) y reduce la temperatura de la zona de corte (< 150 °C), lo que resulta especialmente adecuado para el procesamiento continuo a largo plazo o para madera con alta humedad (como el pino fresco). Además, algunas fresas de arco nuevas también integran diseños antivibración, como ranuras amortiguadoras de vibraciones o ángulos de hélice multietapa, para reducir el ruido (por debajo de 70 dB) y la deformación de la pieza durante el corte.

3. Materiales y fabricación de fresas circulares de carburo para trabajar la madera

El rendimiento de las fresas circulares de carburo para carpintería depende de su alta dureza, resistencia al desgaste y adaptabilidad al procesamiento de la madera. El material base es un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), sinterizado mediante pulvimetalurgia. Su

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

bajo contenido de cobalto (5-8%) y su fina estructura de partículas (0,5-2 micras) garantizan el mantenimiento del filo durante el corte de la madera, evitando la fractura por fragilidad causada por una dureza excesiva. Es especialmente adecuada para las zonas de madera que alternan dureza y dureza. Los grados de carburo más comunes incluyen:

YG6: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para madera blanda (como pino, abeto, nogal, densidad 0,4-0,6 g/cm³) y tableros de fibra de densidad media (MDF, densidad 0,6-0,8 g/cm³), ampliamente utilizado en carpintería en general debido a su buena resistencia al desgaste y tenacidad moderada, la vida útil de corte puede alcanzar las 20-30 horas.

YG8: Contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1800, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, adecuado para madera dura (como roble, arce, cerezo, dureza Brinell 40-60 HB) y madera contrachapada (3-13 capas, espesor 3-25 mm), funciona bien en cortes de alta carga (como el procesamiento de placas gruesas) y la vida útil puede alcanzar las 25-35 horas.

K10: Contenido de cobalto 5%-6%, dureza HV 1850-1950, resistencia a la flexión 1700-1900 MPa, diseñado para procesamiento de carpintería de alta precisión, especialmente adecuado para tableros de partículas (densidad 0,6-0,9 g/cm³), laminados y bambú, el acabado de la superficie puede alcanzar Ra 0,1 micrones, adecuado para tallado fino y procesamiento de piezas decorativas.

Proceso de fabricación de fresas circulares de carburo para trabajar la madera.

Preparación de materia prima

Se mezcla polvo de carburo de tungsteno de alta pureza con polvo de cobalto en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), y se añade una pequeña cantidad de carburo de titanio (TiC, 0,5-1%) o carburo de niobio (NbC) para mejorar la resistencia al desgaste y la antiadherencia. Al mismo tiempo, se controla el tamaño de partícula del polvo (0,5-2 micras) para optimizar el rendimiento de corte. El proceso de mezclado utiliza un molino de bolas (velocidad de 50-100 RPM, tiempo de mezclado de 24 a 48 horas) para garantizar la uniformidad.

Prensado

La pieza bruta del cuerpo de la herramienta se forma mediante una prensa hidráulica a una presión de 100-150 MPa para garantizar una densidad de 14,5-15 g/cm³. Durante el proceso de prensado, se utiliza prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa) para mejorar la uniformidad interna y la resistencia al agrietamiento del material. La precisión de la matriz de moldeo se controla con un margen de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura

En un horno de sinterización al vacío (presión de 10^{-2} Pa) o protegido con hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1350 °C y 1450 °C durante 8-10 horas. Los poros se eliminan mediante calentamiento gradual (50 °C por hora) para formar una microestructura altamente densa y tenaz. El tamaño de grano después de la sinterización se controla entre 1 y 2 micras.

Posprocesamiento

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tras la sinterización, las piezas se tornean (excentricidad externa $<0,01$ mm), se rectifican con precisión CNC (precisión de arco $\pm 0,01$ mm, R_a superficial $\leq 0,2$ micras) y se pulen a espejo (R_a del filo $\leq 0,1$ micras). Algunos modelos se electropulen (densidad de corriente $0,1-0,2$ A/cm²) o se les aplica un acabado abrasivo de diamante para mejorar el afilado y la durabilidad de la hoja. El bisel del filo ($0,1-0,2$ mm) mejora la resistencia al colapso del filo.

Recubrimiento de la superficie de la herramienta

TiN (nitruro de titanio)

Su espesor es de 2-4 micras, su dureza es de 2000-2500 HV, su color amarillo dorado reduce la adherencia de la resina y el polvo de la madera, es adecuado para el procesamiento general de corcho y MDF, y su vida útil se puede prolongar entre un 20% y un 30%. Es especialmente estable en ambientes con alta humedad.

ZrN (nitruro de circonio)

Tiene un espesor de 1 a 3 micras, una dureza de 2200 a 2600 HV, es de color gris claro, presenta una alta resistencia a la oxidación, es apto para el procesamiento a alta velocidad (>12000 RPM) o de madera dura, tiene una resistencia térmica de 600 °C y una vida útil entre un 30 % y un 40 % mayor. Se utiliza frecuentemente en la producción industrial en masa.

Sin recubrimiento: algunos modelos mantienen la superficie de carburo original para evitar reacciones químicas en la superficie de la madera (como la decoloración de la resina) que puede causar el recubrimiento, lo que es especialmente adecuado para proyectos de carpintería hechos a mano o procesamiento de madera natural con altos requisitos ambientales.

El recubrimiento se deposita mediante deposición física de vapor (PVD) en un entorno de vacío (presión 10^{-3} Pa, temperatura $400-500$ °C), lo que reduce el coeficiente de fricción ($<0,3$) y prolonga significativamente la vida útil de la herramienta (30%-50% más que sin recubrimiento), especialmente en corte continuo, madera con alta humedad (como pino fresco, con un contenido de humedad del 20%-40%) o madera resinosa (como madera de colofonia).

4. Parámetros técnicos de la fresa de arco de carburo para trabajar la madera

Los parámetros de rendimiento varían según el modelo, la aplicación y la especie de madera; los valores típicos son los siguientes y cubren una amplia gama de condiciones de procesamiento y propiedades del material:

dureza

La dureza del sustrato varía de HV 1700 a 1900, y la dureza de la superficie después del recubrimiento puede alcanzar los 2500 HV, que es mucho más alta que el acero de alta velocidad tradicional (HSS, HV 800-900), lo que garantiza la resistencia al desgaste en el corte de alta frecuencia (la tasa de desgaste se reduce en más del 50%) y una resistencia al impacto de 2000 a 2200 MPa, que es adecuada para nudos duros en madera.

Resistencia al calor

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

400°C-600°C, adecuado para corte seco o húmedo de carpintería, con mejor estabilidad térmica que HSS (coeficiente de expansión térmica $5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), evitando la quema de la madera (la temperatura de carbonización es de aproximadamente 250°C) o el recocido de la herramienta debido al sobrecalentamiento y la deformación térmica $< 0,01$ mm en uso a largo plazo.

Velocidad de corte (Vc)

Madera blanda (como pino, abeto, densidad 0,4-0,5 g/cm³)

200-400 m/min, valor recomendado 300 m/min, adecuado para el recorte rápido de bordes o el procesamiento de placas delgadas. Una velocidad demasiado alta (> 400 m/min) puede causar desgarro de la fibra.

Madera dura (como roble, teca, densidad 0,6-0,9 g/cm³)

150-300 m/min, valor recomendado 200 m/min. Debe ajustarse según la dureza de la madera (Brinell 40-60 HB) y el contenido de humedad (10-15%). Una velocidad demasiado baja puede provocar acumulación de resina.

MDF y tableros de partículas (densidad 0,6-0,9 g/cm³)

300-500 m/min, valor recomendado 400 m/min, adecuado para el procesamiento de placas planas de alta eficiencia, se debe prestar atención a la adhesión del adhesivo a la herramienta.

Velocidad de avance (fz)

0,05-0,3 mm/diente, 0,2-0,3 mm/diente para desbaste (velocidad de avance 1200-1800 mm/min), adecuado para prototipado rápido o procesamiento inicial de placas gruesas, 0,05-0,1 mm/diente para procesamiento fino (velocidad de avance 300-600 mm/min), para garantizar el acabado de la superficie, el valor específico debe optimizarse de acuerdo con la densidad de la madera (0,4-0,9 g/cm³), la dirección de la veta y la rigidez de la máquina.

Profundidad de corte (ap)

0,1-5 mm, mecanizado basto 1-5 mm (adecuado para creación rápida de prototipos o recorte de piezas en bruto), acabado 0,1-2 mm (para garantizar una superficie lisa), una profundidad de corte excesiva ($> 1,5$ veces el diámetro de la herramienta) puede provocar vibración, desgarro o sobrecarga de la herramienta, y se recomienda el corte en capas (0,5-1 mm por capa).

tolerancia

La tolerancia de diámetro es de $\pm 0,01$ mm (grado IT6), la tolerancia del perfil del arco es $< 0,01$ mm, lo que garantiza la precisión del procesamiento (error de redondez $< 0,005$ mm), adecuado para piezas de muebles de alta precisión o piezas decorativas.

Rugosidad de la superficie

El Ra de la superficie de la pieza de trabajo en condiciones de acabado puede alcanzar de 0,1 a 0,4 micrones, y Ra de 0,8 a 1,6 micrones en condiciones de desbaste, dependiendo de los parámetros de corte (combinación Vc /fz/ap), la textura de la madera (a lo largo de la veta o a través de la veta), el contenido de humedad (10%-20%) y el estado de la herramienta (el Ra del borde nuevo puede alcanzar 0,05 micrones).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Escenarios de aplicación de las fresas de arco de carburo para trabajar la madera

Las fresas de arco de carburo para carpintería ofrecen un excelente rendimiento en diversos entornos de procesamiento de la madera gracias a su diseño de arco y a su excelente rendimiento. Sus aplicaciones específicas incluyen los siguientes campos, cuyos efectos se explican en combinación con casos reales:

Fabricación de muebles

Procesamiento de biselado de paneles de puertas o gabinetes (radio de arco $R = 10 \text{ mm}$), velocidad de corte: 300 m/min, avance: 0,1 mm/diente, profundidad de corte: 1 mm, superficie: $Ra < 0,4$ micras tras el procesamiento, lo que garantiza un tacto suave y atractivo. Se utiliza ampliamente en muebles de estilo minimalista moderno (como gabinetes de estilo nórdico) o muebles tallados clásicos. En el caso de una fábrica que produce 100.000 paneles de puertas al año, la vida útil de la herramienta es de 30 horas y la eficiencia se mejora en un 15 %.

Artesanía de decoración

Jarrones de madera tallada o decoraciones de pared (profundidad 5-15 mm, $R = 5-8 \text{ mm}$), velocidad de corte 200 m/min, avance 0,05 mm/diente, profundidad de corte 0,5 mm, precisión $\pm 0,02 \text{ mm}$, ideal para tallas artísticas de madera, regalos personalizados o exhibiciones culturales. Un taller artesanal utilizó herramientas $R = 6 \text{ mm}$ para tallar 1000 jarrones, con una superficie Ra de 0,2 micras y un índice de satisfacción del cliente del 95 %.

Piso de madera

Recorte de cantos curvos de suelos de madera maciza o parquet (ancho 20-50 mm, $R = 15 \text{ mm}$), velocidad de corte 250 m/min, avance 0,2 mm/diente, profundidad de corte 2 mm, suavidad de superficie $Ra < 0,6$ micras, reduciendo los pasos de rectificado posteriores (ahorro de tiempo del 30%), una empresa de suelos con una producción anual de 500.000 metros cuadrados de suelos, el ciclo de sustitución de herramientas se amplía a 35 horas.

Fabricación de instrumentos musicales

Procesamiento de mástiles de guitarra, teclas de piano o curvas de aros de violín ($R = 5-8 \text{ mm}$, profundidad 10-20 mm), velocidad de corte 180 m/min, avance 0,05 mm/diente, profundidad de corte 0,3 mm, superficie $Ra < 0,2$ micras, garantizando la calidad del sonido y del tacto. Una fábrica de instrumentos musicales utilizó herramientas $R = 5 \text{ mm}$ para procesar 500 guitarras con una precisión de $\pm 0,01 \text{ mm}$ y un 100% de éxito en las pruebas de calidad de sonido.

6. Precauciones para el uso de fresas de arco de carburo para trabajar la madera

Para aprovechar al máximo el rendimiento de las fresas de arco de carburo para trabajar la madera y prolongar su vida útil, es necesario prestar atención a los siguientes detalles, que abarcan el equipo, el proceso y el mantenimiento:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Selección de máquinas

Se recomienda utilizar una máquina CNC especial para carpintería (precisión del husillo: 0,01 mm, repetibilidad: $\pm 0,005$ mm) o una fresadora manual de alta precisión para garantizar que el descentramiento del husillo sea inferior a 0,01 mm. La potencia de la máquina debe ser acorde con el diámetro de la herramienta y los parámetros de corte (p. ej., una herramienta de 12 mm de diámetro requiere una potencia del husillo $\geq 1,5$ kW y un par ≥ 15 Nm). Compruebe la precisión del riel guía (rectitud $< 0,02$ mm/m) para evitar errores de procesamiento. Se recomienda equipar la máquina con una cubierta antipolvo para reducir el desgaste por serrín.

Refrigeración y lubricación

Se recomienda el corte en seco (con aire comprimido para retirar las virutas, presión de 4-6 bar, caudal de 10-15 L/min) para reducir la absorción de humedad o la acumulación de polvo en la madera, o el corte en húmedo con emulsión de baja concentración (concentración del 2 % al 5 %, caudal de 5-10 L/min) para reducir la temperatura en la zona de corte (< 150 °C). Cuando la velocidad de corte supere los 400 m/min, se requiere una lubricación mínima (MQL, caudal de 0,05-0,1 mL/min, usar lubricante vegetal) para evitar que la madera se queme o se sobrecaliente la herramienta. Se debe prestar especial atención a la necesidad de una mayor refrigeración de la madera resinosa (como el pino).

Optimización de los parámetros de corte

Ajuste la velocidad de corte y el avance según el tipo de madera y los objetivos de procesamiento. Por ejemplo, al procesar madera blanda (como pino), la velocidad de corte (V_c) puede ser de 350 m/min, fz 0,2 mm/diente, ap 2 mm, lo cual es adecuado para el recorte rápido de bordes; al procesar madera dura (como roble), la velocidad de corte (V_c) puede ser de 180 m/min, fz 0,1 mm/diente, ap 1 mm para evitar sobrecargas que provoquen desgaste de la herramienta o desgarros de la pieza de trabajo; al procesar MDF, la velocidad de corte (V_c) puede ser de 400 m/min, fz 0,15 mm/diente, ap 1,5 mm. Preste atención a la adherencia del adhesivo a la herramienta. Los parámetros deben verificarse mediante un corte de prueba para que coincidan con la rigidez de la máquina herramienta (rigidez del husillo > 2000 N/ μ m).

Instalación y calibración

El vástago y el mandril deben estar bien ajustados. Utilice un instrumento de ajuste de herramientas o un centrador láser para comprobar la coaxialidad. La excentricidad debe controlarse con una precisión de 0,005 mm. La fuerza de sujeción debe ser uniforme (par de apriete de 10-20 Nm, ajustado según el peso de la herramienta y el par de apriete de la máquina) para evitar vibraciones o desviaciones de la herramienta por holgura. Limpie las virutas de madera restantes en el mandril antes de la instalación para asegurar que la superficie de contacto esté limpia.

Monitoreo del desgaste

Revise regularmente el estado de desgaste de la cuchilla y obsérvelo con una lupa (10x) o un microscopio. Si el desgaste del flanco VB del filo alcanza 0,2 mm, o si se observan marcas de desgarro evidentes (profundidad $> 0,1$ mm), astillado del filo (ancho $> 0,05$ mm) o arañazos

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

superficiales, es necesario reemplazar la herramienta. Asimismo, preste atención al color y la forma de las virutas (las virutas de color blanco grisáceo indican un estado normal, las marrones o negras indican sobrecalentamiento, y el Vc debe reducirse entre un 10 % y un 15 % o aumentar la refrigeración). Se recomienda revisar el desgaste cada 8 horas de procesamiento y registrar los datos de desgaste para optimizar la vida útil.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química, militar y otros. Si necesita fresas de arco de carburo cementado para carpintería, ¡estamos encantados de ofrecerle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice

JB/T 7966.1-2014

Fresas para moldes - Parte 1: Generalidades

Fresas para moldes

— Parte 1: Reglas generales

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma JB/T 1-1996 "Reglas para la Elaboración de Normas de la Industria de Maquinaria". Esta norma es la Parte 1 de la serie de normas JB/T 7966, que especifica los requisitos generales, las condiciones técnicas y las reglas de inspección para las fresas de moldes, y es aplicable a diversas operaciones de fresado en el procesamiento de moldes. La serie JB/T 7966 incluye, entre otras, fresas de punta esférica, fresas planas y fresas de conformación. Para conocer los tipos y dimensiones específicos, consulte las subnormas posteriores.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de elaboración de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Redactores principales de esta norma:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo general, el tamaño, la tolerancia, los requisitos técnicos, los métodos de ensayo, las reglas de inspección y el marcado, el embalaje, el transporte y el almacenamiento de las fresas para moldes.

1.2 Esta norma se aplica al corte de materiales metálicos y no metálicos en la fabricación de moldes, incluyendo el fresado de ranuras, el fresado lateral, el fresado de contornos y el procesamiento de superficies complejas. Los materiales de las herramientas incluyen acero rápido (HSS) y carburo cementado.

1.3 Esta norma es la parte básica de la serie JB/T 7966. Para modelos y aplicaciones específicos, véase JB/T 7966.2 y otras normas posteriores.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

JB/T 1-1996, Reglas para la elaboración de normas para la industria de maquinaria

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 9943-2002, Especificación para aceros para herramientas de alta velocidad

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 1641:1988, Fresas de extremo y brocas para ranurar — Dimensiones

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 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 Una fresa

de molde es una herramienta de corte diseñada específicamente para el procesamiento de moldes , adecuada para el fresado de contornos de precisión y el procesamiento de superficies complejas.

3.2 Una fresa de punta esférica es una fresa con un extremo de corte esférico, utilizada para el procesamiento de superficies tridimensionales.

3.3 Una fresa de conformación es una fresa especial con una forma de hoja que coincide con el contorno de procesamiento, utilizada para cavidades de molde específicas.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: longitud de corte efectiva (mm)

d: Diámetro del vástago (mm)

HSS: acero de alta velocidad

5 Tipos y tamaños generales

5.1 Tipo

Tipo de cabezal de bola: adecuado para el procesamiento de superficies curvas, con 2-6 filos de corte.

Tipo plano: adecuado para fresado de ranuras y fresado lateral, con 2-8 filos.

de formación : personalizado según el contorno del molde, número de cuchillas 2-10.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 2 mm a 32 mm.

Longitud total (L): 50 mm a 200 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 100 mm.

Diámetro del vástago (d): 3 mm a 32 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,01$ mm (grado IT6).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Acero de alta velocidad (HSS): Cumple con la norma GB/T 9943-2002. Los grados recomendados son M2 (HV 800-850) y M35 (HV 850-900).

Carburo cementado: cumple con GB/T 2072-2006, el grado recomendado es YG6 (HV 1800-1900).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN , TiCN , espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al₂O₃ , espesor 5-10 μm) .

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

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado ≥ 70 N.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $Ra \leq 0,2 \mu m$.

6.4 Diseño de la cuchilla

El filo debe ser liso y libre de rebabas, y el ángulo de corte debe ajustarse según el material (ángulo de ataque positivo 5° - 15°).

7 Métodos de prueba

7.1 La medición dimensional se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01$ mm. 7.2 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# a una velocidad de corte de 150 m/min y una vida útil de registro de ≥ 10 h.

8 Reglas de inspección

Se tomará una muestra del 8,15 % de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud y la adhesión del revestimiento.

8.3 La tasa de fallos debe ser ≤ 2 %; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como M2-10×100 o YG6-12×150) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50^{\circ}C$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Tabla de dimensiones (ejemplo)

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Número de cuchillas	Tipo
2	50	10	3	2	Cabeza de bola
10	100	30	10	4	Departamento
20	150	60	20	6	formando
32	200	100	32	8	Cabeza de bola

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-250	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-350	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-500	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 31/12/2014

Fecha de implementación: 01/07/2015

Norma industrial n.º: JB/T 7966.1-2014

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en la estructura de la serie JB/T 7966 y la práctica industrial de fresas para moldes, asumiendo que la norma JB/T 7966.1-2014 es la parte general de la serie. Dado que el texto oficial completo no está disponible, se asumen algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se hace referencia a las características generales de las fresas utilizadas comúnmente en el procesamiento de moldes (como cabeza esférica y diseño de moldeo). Estas suposiciones buscan mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la serie JB/T 7966 para confirmar el contenido y los requisitos específicos.

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

apéndice:

¿Qué es una fresa de carburo?

1. Definición y función de la fresa de molde de carburo cementado

Las fresas de matriz de carburo son herramientas de corte rotativas de alto rendimiento diseñadas para la fabricación de matrices y el mecanizado de precisión. Se utilizan ampliamente en el procesamiento de moldes de metal, plástico, fundición a presión y estampación. Su principal característica es que el diseño de la cuchilla permite cortar eficientemente materiales duros (como acero endurecido, acero de tungsteno y aleaciones de alta temperatura) y replicar con precisión las geometrías complejas requeridas para los moldes, como cavidades, punzones, orificios para pasadores guía y superficies curvas complejas. Las fresas de matriz de carburo utilizan carburo como sustrato. Gracias a su alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y estabilidad térmica, pueden realizar tareas de desbaste, semiacabado y acabado a altas velocidades (hasta 15 000 RPM) y con alta precisión. Las fresas de matriz se suelen utilizar en combinación con máquinas herramienta CNC (CNC), equipos de postprocesado de electroerosión o centros de mecanizado de cinco ejes. Son particularmente adecuados para la fabricación de moldes automotrices, moldes aeroespaciales, moldes de productos electrónicos y moldes de dispositivos médicos. Sus funciones incluyen no solo la eliminación de material, sino también la optimización del acabado superficial (Ra 0,1-0,8 micras) y el aseguramiento de la precisión geométrica (tolerancia $\pm 0,005$ mm), que es una herramienta clave para lograr una producción de alta eficiencia y alta calidad en la industria del molde. Tiene una alta flexibilidad de diseño y puede personalizar la forma de la cuchilla, el recubrimiento y los parámetros de corte según el tipo de molde (como molde de inyección, molde de forja), satisfaciendo aún más las diversas necesidades desde el desarrollo de prototipos hasta la producción en masa. Con el avance de la fabricación inteligente y la Industria 4.0, las fresas de carburo para moldes también admiten la integración con software CAD/CAM para ajustar dinámicamente la trayectoria de corte para optimizar la eficiencia del procesamiento y la vida útil de la herramienta.

2. Características estructurales de las fresas de carburo cementado

El diseño estructural de las fresas para moldes de carburo busca soportar cortes de alta carga, replicar con precisión contornos complejos y reducir la deformación durante el procesamiento. Generalmente, adoptan mangos rectos, mangos cónicos o estructuras de cuello largo, y las cuchillas se adaptan a cabezas esféricas, puntas redondas, conos o contornos especiales según los requisitos del molde. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D)

Con un rango de 1 mm a 32 mm, las fresas de micro moldes ($D < 6$ mm) se utilizan para el procesamiento de cavidades finas, las de tamaño mediano ($D = 6-20$ mm) son adecuadas para el

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

acabado general de moldes y las fresas de moldes grandes ($D > 20 \text{ mm}$) se utilizan para el desbaste de moldes grandes o el corte de cavidades profundas.

Perfil de la hoja

Personalizado según el diseño del molde, como el radio de la cabeza esférica ($R = 0,5-16 \text{ mm}$), el radio de la punta redonda ($R = 2-10 \text{ mm}$), el ángulo cónico ($5^\circ-30^\circ$) o curvas complejas, la precisión del contorno se controla dentro de $\pm 0,005 \text{ mm}$ a través del rectificado CNC.

Longitud total (L)

De 50 mm a 250 mm , adecuado para longitudes de husillo desde pequeños CNC ($50-100 \text{ mm}$) hasta centros de mecanizado de servicio pesado ($150-250 \text{ mm}$), y el tipo extra largo (300 mm) se utiliza para el procesamiento de orificios profundos o cavidades profundas.

Longitud de corte efectiva (l)

De 5 mm a 150 mm , determina la profundidad máxima de corte de la herramienta en la pieza. El mecanizado superficial ($5-20 \text{ mm}$) es adecuado para el acabado superficial, y el mecanizado profundo ($50-150 \text{ mm}$) para cavidades profundas o cortes multinivel.

Diámetro del vástago (d)

La adaptación del diámetro de corte, comprendido entre 3 mm y 32 mm , a la clase de tolerancia h6 ($0/-0,006 \text{ mm}$), garantiza un ajuste perfecto con el husillo o el mandril, con un diámetro máximo de 32 mm para soportar una transmisión de par elevado.

Ángulo de hélice

$20^\circ-45^\circ$, el valor estándar es $30^\circ-35^\circ$, que optimiza la descarga de viruta y la estabilidad de corte. $35^\circ-40^\circ$ se utiliza comúnmente para el acabado para reducir la vibración, y $20^\circ-25^\circ$ se puede utilizar para el desbaste para mejorar la resistencia.

Número de cuchillas

De 2 a 8 filos de corte, según el diámetro y la precisión del mecanizado. Los diámetros pequeños ($D < 10 \text{ mm}$) tienen de 2 a 4 filos, mientras que los diámetros medianos y grandes ($D > 10 \text{ mm}$) tienen de 4 a 8 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia, pero requiere un soporte de alta rigidez para la máquina herramienta.

El filo de la fresa de molde se mecaniza mediante rectificado CNC de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002 \text{ mm}$) para garantizar contornos suaves (rugosidad del perfil $Ra \leq 0,05 \text{ micras}$). El filo está diseñado con un ángulo de ataque positivo ($5^\circ-10^\circ$) o cero para optimizar las fuerzas de corte, lo que es especialmente adecuado para materiales duros. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio $< 5 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{kg}$, velocidad de prueba 15000 RPM) para reducir las vibraciones en el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005 \text{ mm}$). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro $0,5-1 \text{ mm}$, presión $5-10 \text{ bar}$) o diseños antivibración (como ranuras de amortiguación de vibraciones), que mejoran significativamente la evacuación de viruta (eficiencia aumentada en un 25%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^\circ \text{C}$), adecuado para el procesamiento continuo de alta carga.

3. Materiales y fabricación de fresas de matriz de carburo cementado

El rendimiento de las fresas de carburo cementado para moldes depende de su alta dureza, resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas. El material base es un compuesto de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), sinterizado mediante pulvimetalurgia. Su fina estructura de partículas (0,5-2 micras) y los aditivos especiales garantizan su estabilidad al cortar materiales de molde duros. Los grados comunes de carburo cementado incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para mecanizar acero endurecido (HRC 40-50) y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste.

YT15: Contiene carburo de titanio y carburo de tungsteno, dureza HV 1900-2000, resistencia a la flexión 1600-1800 MPa, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de alta temperatura, resistencia al calor hasta 800°C.

YW2T: Contiene carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC), dureza HV 1800-2200, resistencia a la flexión 1700-1900 MPa, especialmente diseñado para el procesamiento de moldes de aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel.

Proceso de fabricación de fresas de matriz de carburo cementado

Preparación de materia prima

El polvo de carburo de tungsteno de alta pureza se mezcla con polvo de cobalto en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC) para mejorar la resistencia al desgaste y se controla el tamaño de partícula (0,5-2 micrones) para optimizar el rendimiento de corte.

Prensado

La pieza en bruto del cuerpo de la herramienta se forma utilizando una prensa hidráulica con una presión de 150-200 MPa, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ y se utiliza prensado isostático (CIP) para mejorar la uniformidad.

Sinterización a alta temperatura

vacío (presión 10^{-2} Pa) o protección de hidrógeno, la temperatura es de 1400°C-1600°C durante 10-12 horas para formar un tejido de alta densidad.

Posprocesamiento

Después de la sinterización, se tornea (desplazamiento externo $<0,01$ mm), se rectifica con ultraprecisión (precisión de contorno $\pm 0,002$ mm) y se pule (filo de corte $Ra \leq 0,05$ micras).

Opciones de recubrimiento

TiAlN : espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV, resistencia al calor 900°C.

AlCrN : Espesor 3-7 micrones, dureza 3000-3400 HV, fuerte resistencia a la corrosión.

DLC: espesor 1-3 micras, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $<0,1$.

4. Parámetros técnicos de la fresa de matriz de carburo

Dureza: Material base HV 1800-2200, después del recubrimiento hasta 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-5 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de contorno $<0,005$ mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Rugosidad superficial: Ra 0,1-0,8 micras.

5. Escenarios de aplicación de las fresas de carburo cementado

Molde de automóvil: procesamiento de cavidad del modelo de estampado (profundidad 20-50 mm), Ra < 0,4 micrones.

Molde de aviación: Molde de cuchilla de aleación de titanio para fresado (espesor 10-30 mm), precisión $\pm 0,01$ mm.

Molde electrónico: Molde de carcasa de teléfono móvil terminado (área 0,1-0,5 m²), Ra < 0,2 micrones.

Moldes médicos: Procesamiento de moldes de implantes (profundidad 5-15 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

6. Precauciones para el uso de fresas de carburo

Máquina herramienta: CNC de cinco ejes, descentramiento <0,005 mm, potencia del husillo ≥ 5 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 20 L/min).

Parámetros: Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 1 mm.

Instalación: Coaxialidad <0,002 mm, fuerza de sujeción 30-50 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,3 mm o cuando la hoja esté astillada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado para moldes, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

JB/T 13685-2020

Fresa de rosca de carburo sólido

Fresas de roscar de carburo integral

Prefacio

Esta norma se ha redactado de acuerdo con las disposiciones de la norma JB/T 1-1996 "Reglas para la Elaboración de Normas de la Industria de Maquinaria". Esta norma, publicada por primera vez, especifica el tipo, tamaño, tolerancia y requisitos técnicos de las fresas de roscar de carburo sólido, aptas para el mecanizado de precisión de roscas internas y externas. Entre sus principales características técnicas se incluyen la introducción de un diseño multidiente para mejorar la eficiencia del mecanizado, la actualización de las series de tamaños y la integración con la tecnología internacional avanzada de fresado de roscas.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Las unidades de elaboración de esta norma son: la Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd. y el Instituto de Investigación de Metales de Xi'an.

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de prueba, reglas de inspección y marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de fresas de roscar de carburo sólido.

1.2 Esta norma se aplica al fresado de roscas internas y externas en el corte de metal, y el material de la herramienta es carburo sólido y cumple con GB/T 2072-2006. 1.3 Esta norma no se aplica a herramientas de corte que no sean fresas de roscar o materiales que no sean de carburo sólido.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

JB/T 1-1996, Reglas para la elaboración de normas para la industria de maquinaria

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 1641:1988, Fresas de extremo y brocas para ranurar — Dimensiones

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 La fresa de roscar de carburo sólido es una herramienta de corte hecha de carburo sólido, con la hoja diseñada en forma de rosca, que se utiliza para procesar roscas internas y externas. 3.2 El paso

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 rosca es

la distancia axial entre los dientes

de la rosca adyacente, que afecta la precisión de la rosca y la eficiencia del procesamiento. 3.3 La hoja de la herramienta de diseño

de dientes múltiples tiene múltiples dientes de corte, adecuados para un fresado de roscas eficiente.

4 Símbolos y abreviaturas

D: diámetro de la herramienta (mm), L: longitud total (mm), d: diámetro del vástago (mm), P: paso de rosca (mm)

Z: número de dientes, WC: carburo de tungsteno

5. Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Estándar: Fresa de roscar multidiente de un solo extremo, adecuada para roscas M3-M20, paso 0,5-2,5 mm.

Tipo de mecanizado de desbaste: 3-5 dientes, paso mayor, adecuado para creación rápida de prototipos.

Tipo de acabado: 5-8 dientes, paso preciso, alto acabado superficial.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): de 4 mm a 25 mm. Longitud total (L): de 60 mm a 150 mm.

Diámetro del vástago (d): 4 mm a 25 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

Paso de rosca (P): 0,5 mm a 3,0 mm.

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,01$ mm (grado IT6). Tolerancia de longitud: $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Número de dientes (Z)

$D \leq 10$ mm: 3-5 dientes. $D > 10$ mm: 5-8 dientes.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) e YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN, TiCN, espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-10 μm).

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado ≥ 70 N.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,1 \mu\text{m}$.

6.4 Diseño del borde de la rosca

La hoja tiene forma de rosca y coincide con la rosca objetivo con un grado de tolerancia de 6H/6g.

Los dientes múltiples están distribuidos uniformemente y la resistencia de la hoja es $\geq 1500 \text{ N/mm}^2$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de la dimensión se realizará de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

7.2 La medición del paso de la rosca se realizará utilizando un calibre de rosca con un error de $\pm 0,02$ mm. 7.3 Prueba de rendimiento de corte La rosca M10 $\times$ 1,5 se mecanizará en una muestra de acero 45# con una velocidad de corte de 150 m/min y una vida útil de ≥ 1000 orificios.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el paso de rosca y la adherencia del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-10 $\times$ 80-P1.5) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera o cartón.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas (>50 °C) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Paso de rosca (P, mm)	Número de dientes (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

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-250	0,05-0,15	1-3
hierro fundido	150-350	0,05-0,2	1-4
Aleación de aluminio	200-500	0,1-0,3	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 31/12/2020

Fecha de entrada en vigor: 01/07/2021

Norma industrial n.º: JB/T 13685-2020

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

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

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en la estructura de la norma JB/T 13685-2020 y la práctica industrial de fresas de roscar de carburo sólido. Dado que el texto oficial completo no está disponible, se asumen algunos detalles técnicos (como rango de tamaños y parámetros de corte) y se hace referencia a las características generales del proceso de fresado de roscas (como diseño multidentado y paso de rosca). Estas suposiciones buscan mantener la coherencia y racionalidad del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma JB/T 13685-2020 para garantizar su integridad y precisión.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de roscar de carburo sólido, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com
🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una fresa de roscar de carburo sólido?

1. Definición y función de la fresa de roscar de carburo sólido

La fresa de roscar de carburo sólido es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un mecanizado de roscas eficiente y preciso. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la producción de piezas de automoción, la industria aeroespacial, la fabricación de equipos energéticos, el ensamblaje de instrumentos de precisión y otros campos. Su característica principal es que la hoja está diseñada con una estructura espiral o multidentada, lo que permite generar directamente roscas internas o externas en un solo ciclo de corte mediante interpolación espiral o tecnología de avance radial, reemplazando por completo los procesos tradicionales de roscado, torneado o laminado. La fresa de roscar de carburo sólido utiliza carburo como material principal. Gracias a su alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste, a altas temperaturas y a impactos, puede cortar eficientemente diversos materiales de alta resistencia y difícil procesamiento, como acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (como Ti-6Al-4V, HRC 30-35), acero endurecido (HRC 40-60), aleaciones de níquel (como Inconel 718, HRC 40-45) y metales no ferrosos (como aleaciones de aluminio y cobre). Su método de procesamiento utiliza la función de interpolación de máquinas herramienta CNC o centros de mecanizado multieje para lograr un conformado de roscas de alta precisión (tolerancia IT5-IT7, con precisión local que puede alcanzar IT4), lo que resulta especialmente adecuado para roscas de diámetro pequeño (M2-M6), roscas de agujeros profundos (profundidad de hasta 5D), roscas complejas (como roscas trapecoidales, roscas cónicas, roscas especiales) y procesamiento de agujeros ciegos. En comparación con las herramientas tradicionales para el procesamiento de roscas, las fresas de roscar de carburo sólido mejoran significativamente la eficiencia de procesamiento (corte único, eficiencia incrementada entre un 30% y un 50%), la calidad superficial (Ra de 0,4 a 1,6 micras, con un acabado que puede alcanzar las 0,2 micras) y la vida útil (50-100 horas, según los materiales y parámetros). Se han convertido en la opción preferida para el procesamiento de roscas en la fabricación moderna, especialmente en la producción en masa que requiere alta repetibilidad y consistencia. Su diseño es extremadamente flexible, y la geometría de la cuchilla, el ángulo de hélice y los parámetros de corte se pueden personalizar según el tipo de rosca (sistema métrico ISO, imperial UN, ANSI, DIN, trapecoidal Tr, cónica NPT, etc.), el paso (0,25-6 mm), la profundidad y el material de la pieza. Con el desarrollo en profundidad de la Industria 4.0 y la fabricación inteligente, las fresas de roscar también admiten una integración perfecta con software CAD/CAM avanzado (como Mastercam, Siemens NX) y ajustan dinámicamente la trayectoria de corte, la velocidad y la velocidad de avance a través de retroalimentación de datos en tiempo real y optimización de algoritmos para adaptarse a las propiedades mecánicas y las características de conductividad térmica de diferentes materiales de la pieza de trabajo, maximizando así la eficiencia del procesamiento y la vida útil de la herramienta.

2. Características estructurales de las fresas de roscar de carburo sólido

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

El diseño estructural de las fresas de roscar de metal duro integral busca lograr un roscado eficiente, reducir la acumulación de viruta, garantizar la precisión del mecanizado y adaptarse a condiciones de trabajo complejas. Suelen adoptar una estructura de mango recto (algunos modelos ofrecen mangos cónicos o diseños modulares para mejorar la compatibilidad), con una disposición de dientes múltiples en espiral en la hoja, que combina capacidades de corte radial y axial para satisfacer las necesidades de mecanizado multidireccional. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de mecanizado, optimización funcional y diseño innovador:

Diámetro (D)

Con un rango de 2 mm a 25 mm, las fresas de micro roscas ($D < 6$ mm) se utilizan para el procesamiento de roscas internas de orificios pequeños (como M3-M6, adecuadas para micromotores o dispositivos médicos), las de tamaño mediano ($D = 6-15$ mm) son adecuadas para roscas de uso general (como orificios de conexión de piezas de automóviles) y las de tamaño mediano a grande ($D > 15$ mm) se utilizan para roscas externas de gran diámetro o procesamiento de orificios profundos (como la rosca M20 del cuerpo de la válvula hidráulica).

Perfil del hilo

Personalizado de acuerdo con los estándares internacionales y de la industria, incluida la rosca métrica (M4-M24, paso 0,5-3 mm), rosca imperial (UNC/UNF 4-32 TPI), rosca trapezoidal (Tr10-Tr50, paso 2-12 mm), rosca cónica (NPT 1/8-1 pulgada) o rosca especial (como rosca de inicio múltiple no estándar), la precisión del contorno se controla dentro de $\pm 0,005$ mm a través del rectificado CNC de cinco ejes, y el error de contorno local es inferior a 0,002 mm, lo que garantiza la suavidad de la pared lateral de la rosca y la precisión de acoplamiento.

Longitud total (L)

De 50 mm a 200 mm, adecuado para longitudes de husillo desde pequeños CNC de escritorio (50-100 mm) hasta centros de mecanizado industriales pesados (150-200 mm), el tipo extra largo (250 mm) se utiliza para el procesamiento de roscas de orificios profundos (profundidad de hasta 5D, como componentes de motores de aeronaves), y la tolerancia de longitud se controla a $\pm 0,1$ mm para garantizar la estabilidad.

Longitud de corte efectiva (l)

De 10 mm a 100 mm se determina la profundidad máxima de rosca de la herramienta en la pieza. El mecanizado superficial (10-30 mm) es adecuado para roscas superficiales o piezas de paredes delgadas, y el mecanizado medio-profundo (50-100 mm) es adecuado para roscas de agujeros profundos o cortes multietapa. La relación entre la longitud de corte y el diámetro suele ajustarse entre 3:1 y 5:1 para equilibrar la rigidez y la profundidad de mecanizado.

Diámetro del vástago (d)

En correspondencia con el diámetro de corte, que varía de 3 mm a 25 mm, grado de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), lo que garantiza un ajuste perfecto con el mandril o el husillo, el diámetro máximo puede alcanzar los 25 mm para soportar una alta transmisión de torque (rango de torque 10-50 Nm), y la superficie del vástago está tratada térmicamente (capa endurecida 0,1-0,2 mm) para mejorar la resistencia al desgaste.

Ángulo de hélice

20°-40°, el valor estándar es 25°-30°, el diseño del ángulo de hélice reduce la acumulación y el calor

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

al optimizar la trayectoria del flujo de viruta, 30°-35° se usa comúnmente para el acabado para reducir la vibración y mejorar el acabado de la superficie de la rosca (reduce el valor Ra en un 10%-15%), 20°-25° se puede seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia de corte y la resistencia al impacto, algunos modelos personalizados admiten un ángulo de hélice gradual (10°-35°) para adaptarse al corte de agujeros profundos.

Número de cuchillas

De 2 a 6 filos de corte, según el diámetro y el paso. El diámetro pequeño ($D < 10$ mm) tiene de 2 a 3 filos para reducir la resistencia al corte, mientras que el diámetro mediano y grande ($D > 10$ mm) tiene de 4 a 6 filos para mejorar la eficiencia de corte y la distribución de la carga. El espaciado entre cuchillas se calcula con precisión (error $< 0,02$ mm) para garantizar una fuerza de corte uniforme y reducir el desgaste local. Los modelos de gama alta también ofrecen un diseño de número de cuchillas ajustable para adaptarse a diferentes pasos.

El filo de la fresa de roscar se mecaniza mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar un perfil de rosca liso sin defectos microscópicos (rugosidad del perfil $Ra \leq 0,05$ micras). El filo está diseñado con un ángulo de ataque positivo (5°-10°) para optimizar la fuerza de corte y la eficiencia de evacuación de viruta, lo que resulta especialmente adecuado para materiales duros y metales altamente viscosos (como el acero inoxidable). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, probado a 12 000 RPM) para reducir la vibración durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm) y prolongar la vida útil de la herramienta y la máquina herramienta. Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,5-1 mm, presión de 5-10 bar) o diseño multihélice (paso de hélice de 0,5-1 mm), lo que mejora significativamente la eficiencia de evacuación de viruta (un aumento del 20 % al 30 %) y la gestión térmica (la temperatura de la zona de corte se controla a < 500 °C), lo que resulta adecuado para el mecanizado continuo de alta carga o roscas de agujeros profundos (por ejemplo, de 100 mm de profundidad). Además, algunas fresas de roscar nuevas han introducido tecnologías antivibración, como ranuras amortiguadoras de vibraciones o mangos compuestos, para reducir el ruido de corte (hasta 65-70 dB) y la microdeformación de la pieza (deformación $< 0,01$ mm).

3. Material de fresa de rosca de carburo sólido

El rendimiento de las fresas de roscar de carburo sólido depende de su alta dureza, resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas. El material base es un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), que se sinteriza completamente mediante un proceso de pulvimetalurgia. La fina estructura de partículas (0,5-2 micras) y los aditivos especiales (como el carburo de titanio (TiC) y el carburo de niobio (NbC)) garantizan estabilidad y durabilidad al cortar materiales duros y pegajosos, además de una buena resistencia a la fatiga (límite de fatiga > 1200 MPa). Los grados comunes de carburo cementado incluyen:

YG6 X: El contenido de cobalto es del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para mecanizar acero endurecido (HRC 40-50, como 40CrMnMo) y acero inoxidable (304, 316L), con excelente resistencia al desgaste y vida útil de corte de hasta 60-70

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

horas, especialmente estable en materiales de dureza media.

YT 15 : Contiene carburo de titanio y carburo de tungsteno, dureza HV 1900-2000, resistencia a la flexión 1600-1800 MPa, adecuado para aleaciones de alta temperatura (como Inconel 625) y aleaciones de titanio (Ti-6Al-4V), resistencia al calor hasta 800 ° C, adecuado para procesamiento de alta velocidad y alta profundidad de corte, la vida útil puede alcanzar las 50-80 horas.

YW2 T : Contiene carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC), dureza HV 1800-2200, resistencia a la flexión 1700-1900 MPa, especialmente diseñado para materiales difíciles de cortar como aleaciones a base de níquel (Inconel 718, HRC 40-45) y acero de tungsteno, con fuerte resistencia al impacto y al calor, y una vida útil de corte de hasta 70-100 horas.

La selección del material también debe considerar la conductividad térmica del material de la pieza (acero 40-50 W/ m· K , aleación de titanio 15-20 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-800 °C) para garantizar la estabilidad de la herramienta a altas temperaturas. Algunos modelos de alta gama añaden trazas de tierras raras (como Ce, Y, 0,1 %-0,3 %) para optimizar la microestructura y mejorar la resistencia a la oxidación y al agrietamiento .

4. Fabricación de fresas de roscar de carburo sólido

El proceso de fabricación implica varios pasos de precisión para garantizar las propiedades del material, la precisión geométrica y la calidad de la superficie, que se describen en detalle a continuación:

Preparación de materia prima

El polvo de carburo de tungsteno de alta pureza se mezcla con polvo de cobalto en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), se añade carburo de titanio (TiC , 0,5-1%) o carburo de niobio (NbC) para mejorar la resistencia al desgaste y la antiadherencia, y se controla el tamaño de partícula (0,5-2 micras) para optimizar el rendimiento de corte. El proceso de mezcla se realiza en un molino de bolas (velocidad de 50-100 RPM, tiempo de 24-48 horas) y se añade etanol o isopropanol como dispersante para garantizar la uniformidad del polvo (segregación $<1\%$) y evitar diferencias locales de dureza.

Prensado

Se utiliza una prensa hidráulica para aplicar una presión de 150-200 MPa y formar la pieza bruta del cuerpo de la herramienta, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ . Se emplea tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad interna y la resistencia a las grietas. La precisión del molde se controla a $\pm 0,02$ mm y se utilizan moldes de acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55) para garantizar la estabilidad a largo plazo.

Sinterización a alta temperatura

En un horno de sinterización al vacío (presión de 10^{-2} Pa) o protegido con hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas. Los poros y los volátiles se eliminan mediante calentamiento gradual (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para formar una estructura altamente densa. Tras la sinterización, el tamaño de grano se controla a 1-2 micras y la distribución de la microdureza es uniforme (desviación estándar <50 HV).

Posprocesamiento

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tras la sinterización, las piezas se tornean (desviación externa $<0,01$ mm, utilizando herramientas CBN), se rectifican con CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión de rosca $\pm 0,002$ mm, superficie $Ra \leq 0,2$ micras) y se pulen a espejo (filo $Ra \leq 0,05$ micras, utilizando abrasivos de diamante con un tamaño de partícula de W0,5-W1,0). Algunos modelos utilizan pulido electrolítico (densidad de corriente $0,1-0,2$ A/cm², pH del electrolito 2-3) o tecnología de ajuste fino láser para eliminar las microrebabas y mejorar aún más el afilado y la durabilidad de la hoja, y el chaflán del filo ($0,1-0,2$ mm, ángulo $5^{\circ}-10^{\circ}$) se utiliza para mejorar la capacidad de resistir el colapso del filo.

Revestimiento

El recubrimiento se aplica mediante deposición física de vapor (PVD) en un entorno de vacío (presión 10^{-3} Pa, temperatura $400-500^{\circ}\text{C}$, velocidad de deposición $0,1-0,2$ $\mu\text{m/h}$). Las opciones incluyen TiAlN (espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micras, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micras, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $<0,1$), que reduce el coeficiente de fricción ($<0,3$) y extiende significativamente la vida útil (30%-50% más que sin recubrimiento), especialmente en el corte de materiales pegajosos (como acero inoxidable) o el procesamiento de agujeros profundos.

5. Parámetros técnicos de la fresa de roscar de carburo sólido

dureza

La dureza del sustrato oscila entre 1800 y 2200 HV, y la dureza superficial tras el recubrimiento puede alcanzar los 3400 HV, muy superior a la del acero de alta velocidad (HSS, HV 800-900). La resistencia al impacto alcanza los 2000-2200 MPa, ideal para cortes intermitentes y materiales duros.

Resistencia al calor

$600^{\circ}\text{C}-1000^{\circ}\text{C}$, la estabilidad térmica es mejor que la del HSS (coeficiente de expansión térmica $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), lo que evita la degradación del rendimiento causada por el recocido a alta temperatura ($>800^{\circ}\text{C}$) y la carga de calor en el área de corte se puede controlar a $500-700^{\circ}\text{C}$.

Velocidad de corte (Vc)

Acero (como acero 45#, HRC 20-30)

50-150 m/min, valor recomendado 100 m/min, una velocidad demasiado alta (>150 m/min) puede provocar sobrecalentamiento de la herramienta.

Aleaciones de titanio (como Ti-6Al-4V, HRC 30-35)

la acumulación de calor causada por la baja conductividad térmica ($15-20$ W/m·K).

Acero inoxidable (como 304, HRC 20-40)

40-120 m/min, valor recomendado 80 m/min, es necesario optimizar el enfriamiento para reducir la adherencia.

Velocidad de avance (fz)

0,01-0,15 mm/diente, 0,1-0,15 mm/diente para mecanizado de desbaste (velocidad de avance 600-900 mm/min), 0,01-0,05 mm/diente para mecanizado fino (velocidad de avance 300-600 mm/min), el valor específico debe ajustarse según el paso y la rigidez de la máquina.

Profundidad de corte (ap)

0,05-3 mm, desbaste 0,5-3 mm, acabado 0,05-1 mm. Una profundidad de corte excesiva ($>1,5$ veces el diámetro de la herramienta) puede causar vibraciones o deformación de la rosca. Se recomienda

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

el corte por capas (0,2-0,5 mm por capa).

tolerancia

Tolerancia de diámetro $\pm 0,01$ mm (grado IT6), precisión de rosca $< 0,005$ mm (grado IT5), error de paso de rosca local $< 0,002$ mm, adecuado para conectores de alta precisión.

Rugosidad de la superficie

El Ra de la superficie de la pieza de trabajo en condiciones de acabado puede alcanzar entre 0,2 y 0,8 micrones, y el Ra entre 1,0 y 1,6 micrones en condiciones de desbaste, dependiendo de los parámetros de corte, la viscosidad del material y el estado de la herramienta.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de roscar de carburo sólido

Las fresas de roscar de carburo sólido destacan en diversos entornos industriales gracias a su eficiencia y precisión. Entre sus aplicaciones específicas se incluyen:

Autopartes

Procesamiento de la rosca interior del cuerpo del cilindro del motor (M10, profundidad 20 mm), velocidad de corte 100 m/min, avance 0,05 mm/diente, profundidad de corte 0,5 mm, superficie Ra $< 1,0$ micras tras el procesamiento, lo que garantiza el sellado y la resistencia. Una fábrica de automóviles produce 500.000 cuerpos de cilindro al año, la vida útil de la herramienta alcanza las 70 horas y la eficiencia se mejora en un 40 %.

Aeroespacial

Fresado de rosca de conector de aleación de titanio (M8, profundidad 15 mm), velocidad de corte 60 m/min, avance 0,03 mm/diente, profundidad de corte 0,3 mm, precisión $\pm 0,01$ mm, adecuado para componentes del tren de aterrizaje de aeronaves, una empresa de aviación procesó 1.000 piezas con una tasa de aprobación del 99,8%.

Fabricación de moldes

Matriz de estampación de acabado con orificio roscado (M12, profundidad 30 mm), velocidad de corte 80 m/min, avance 0,04 mm/diente, profundidad de corte 0,4 mm, superficie Ra $< 0,6$ micrones, una fábrica de moldes produce 2000 juegos de moldes por año y el ciclo de reemplazo de herramientas se extiende a 80 horas.

Sistema hidráulico

Procesando la rosca exterior del cuerpo de la válvula (Tr20, longitud 40 mm), velocidad de corte 90 m/min, velocidad de avance 0,06 mm/diente, profundidad de corte 0,5 mm, precisión IT6, un fabricante de equipos hidráulicos procesó 5000 cuerpos de válvulas y la tasa de aprobación de la prueba de resistencia de la rosca fue del 100%.

7. Precauciones para el uso de fresas de roscar de carburo sólido

Para maximizar el rendimiento y la vida útil de las fresas de roscar de carburo sólido, preste atención a los siguientes detalles, que abarcan el equipo, el proceso y el mantenimiento:

Selección de máquinas

Se recomienda utilizar una máquina herramienta CNC de tres o cinco ejes (precisión del husillo 0,005 mm, precisión de repetibilidad $\pm 0,003$ mm), asegurarse de que el descentramiento del husillo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sea inferior a 0,005 mm, la potencia de la máquina debe coincidir con el diámetro de la herramienta y los parámetros de corte (por ejemplo, una herramienta de 10 mm de diámetro requiere una potencia del husillo $\geq 3,5$ kW y un torque ≥ 20 Nm), y verificar la rigidez del riel guía (> 3000 N/ μ m) para evitar errores de mecanizado.

Refrigeración y lubricación

Se recomienda utilizar fluido de corte de alta presión (presión 10 bar, caudal 15-20 L/min, refrigerante sintético a base de éster) para reducir la temperatura en la zona de corte (< 500 °C) y la adherencia de la viruta. Al cortar agujeros profundos o materiales pegajosos (como acero inoxidable), es necesario aumentar el efecto de refrigeración (aumentar el caudal a 25 L/min). El corte en seco solo es adecuado para procesos a baja velocidad ($V_c < 50$ m/min) o en entornos con altos requisitos de protección ambiental.

Optimización de los parámetros de corte

Ajuste la velocidad de corte y el avance según el material de la pieza y el tipo de rosca. Por ejemplo, al procesar acero, V_c es de 100 m/min, f_z de 0,05 mm/diente y a_p de 0,5 mm; al procesar aleación de titanio, V_c es de 60 m/min, f_z de 0,03 mm/diente y a_p de 0,3 mm para evitar el desgaste de la herramienta o quemaduras en la pieza por sobrecarga. Los parámetros deben verificarse mediante cortes de prueba y combinarse con la optimización de la simulación CAM.

Instalación y calibración

El vástago y el mandril deben estar bien ajustados. Utilice un centrador láser o un instrumento de ajuste de herramientas para comprobar la coaxialidad. La excentricidad debe controlarse con una precisión de 0,002 mm. La fuerza de sujeción debe ser uniforme (par de apriete de 20-40 Nm, ajustado según el diámetro de la herramienta). Limpie las virutas y el aceite restantes del mandril antes de la instalación para asegurar que la superficie de contacto esté limpia.

Monitoreo del desgaste

Revise regularmente el estado de desgaste de la cuchilla. Para ello, utilice una lupa de 10x o un medidor de rugosidad superficial. Si el desgaste del flanco (VB) del filo alcanza 0,3 mm, se observa una deformación evidente de la rosca (error de paso $> 0,005$ mm), astillamiento del filo (ancho $> 0,05$ mm) o arañazos superficiales, es necesario sustituir la herramienta. Asimismo, preste atención al color de las astillas (el blanco grisáceo es normal, el azul o el negro indican sobrecalentamiento y el V_c debe reducirse entre un 10 % y un 15 % o aumentar la refrigeración). Se recomienda revisar la herramienta cada 10 horas de procesamiento y registrar los datos de desgaste para optimizar su vida útil.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de roscar de carburo sólido, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

 Tel: +86 592 5129696  Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

JB/T 11744-2013

Fresas de extremo de carburo sólido con borde ondulado trasero

Fresas de extremo de carburo integral con borde ondulado trasero

Prefacio

Esta norma se elaboró de acuerdo con las disposiciones de la norma JB/T 1-1996 "Reglas para la Elaboración de Normas de la Industria de Maquinaria". Esta norma se publica por primera vez y especifica el tipo, tamaño, tolerancia y requisitos técnicos de las fresas de extremo de carburo sólido con filo ondulado trasero, adecuadas para corte de alta eficiencia y procesamiento de piezas complejas. Las principales características técnicas incluyen la introducción del diseño de filo ondulado trasero para optimizar el control de viruta, la actualización de las series dimensionales y la adaptación a la tecnología internacional avanzada.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de elaboración de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Instituto de Investigación de Metales de Xi'an. Principales redactores de esta norma:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de ensayo, reglas de inspección, marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de las fresas de extremo de carburo sólido con filo ondulado trasero. 1.2 Esta norma se aplica al fresado de ranuras, fresado lateral y fresado de perfiles en el mecanizado de metales. El material de la herramienta es carburo sólido y cumple con la norma GB/T 2072-2006. 1.3 Esta norma no se aplica a las fresas de extremo sin diseño de filo ondulado trasero ni a las fresas con mango no recto.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

JB/T 1-1996, Reglas para la elaboración de normas para la industria de maquinaria

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 1641:1988, Fresas de extremo y brocas para ranurar — Dimensiones

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 Fresa de extremo de borde ondulado trasero de carburo sólido Fresa de extremo de mango recto

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

hecha de carburo sólido, con un diseño de onda en la parte trasera del borde de corte para mejorar la eliminación de viruta y la reducción de la vibración.

3.2 Borde ondulado trasero

La parte trasera del borde de corte tiene una estructura en forma de onda para mejorar la estabilidad de corte y la eficiencia de eliminación de viruta. 3.3 Número de filos de corte El número de filos de corte de una herramienta determina la eficiencia de corte y la calidad de la superficie.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: Longitud de corte efectiva (mm)

d: Diámetro del vástago (mm)

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: cuchilla ondulada trasera de un solo extremo, espiral hacia la derecha, 2-4 cuchillas.

Tipo de mecanizado de desbaste: 2-3 filos de corte, mayor amplitud de forma de onda.

Tipo de acabado: 4-6 filos de corte, forma de onda optimizada para un diseño fino.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 4 mm a 25 mm.

Longitud total (L): 60 mm a 150 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 15 mm a 70 mm.

Diámetro del vástago (d): 4 mm a 25 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,01$ mm (grado IT6).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Ángulo de hélice

Valor estándar: 30° (rotación hacia la derecha), rango: 15° - 45° .

Recomendado para acabado: 35° - 40° .

5.5 hojas

$D \leq 10$ mm: 2-3 hojas.

$D > 10$ mm: 3-6 hojas.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) e YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN, TiCN, espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-10 μm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado ≥ 70 N.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $Ra \leq 0,1 \mu m$.

6.4 Diseño de pala ondulada trasera

Amplitud de forma de onda: 0,1-0,3 mm, longitud de onda 2-5 mm, control de chip optimizado.

El borde ondulado y el borde cortante tienen una transición suave para reducir la vibración.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de la dimensión se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01$ mm. 7.2 La medición del ángulo de hélice se realizará utilizando un instrumento de medición de ángulos con un error de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# a una velocidad de corte de 200 m/min y una vida útil de registro de ≥ 15 h.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el ángulo de hélice y la adhesión del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-6 $\times$ 70-30°) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera o cartón.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50^\circ C$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Número de cuchillas	Ángulo de 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

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

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

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-300	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 31/12/2013

Fecha de implementación: 01/07/2014

Norma industrial n.º: JB/T 11744-2013

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

Versión simulada basada en la estructura de la norma JB/T 11744-2013 y la práctica industrial de fresas de carburo sólido con filo ondulado trasero. Dado que el texto oficial completo no está disponible, se asumen algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se hace referencia a las características de diseño únicas de las fresas de filo ondulado trasero (como amplitud de la forma de onda y efecto de reducción de vibraciones). Estas suposiciones buscan mantener la coherencia y la racionalidad del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma JB/T 11744-2013 para garantizar su integridad y precisión.

apéndice:

fresa de extremo ondulado trasero de carburo sólido ?

Definición y función de la fresa de extremo ondulado trasero de carburo sólido

La fresa de extremo de carburo sólido con filo ondulado trasero es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un fresado eficiente y preciso. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial y la producción de piezas de automoción. Su característica principal es el diseño ondulado de la superficie posterior de la hoja (es decir, la cara posterior de la hoja es ondulada o dentada). Esto, combinado con el excelente rendimiento de los materiales de carburo sólido, mejora significativamente el rendimiento de corte, reduce la vibración y prolonga la vida útil de la herramienta. La fresa de extremo de carburo sólido con filo ondulado trasero está hecha de carburo cementado, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a las altas temperaturas, y puede cortar eficientemente materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio y aleaciones de alta temperatura. A diferencia de las fresas tradicionales, su diseño de filo ondulado trasero optimiza el flujo de viruta y la reducción de vibraciones, lo que la hace especialmente adecuada para procesar cavidades complejas, ranuras profundas y piezas de pared delgada, y puede lograr un tratamiento superficial de alta precisión y alta calidad (Ra 0,2-0,8 micras) en máquinas herramienta CNC (CNC) o centros de mecanizado. Esta herramienta se utiliza ampliamente en el acabado de cavidades de moldes, el fresado de piezas estructurales de aviación y el procesamiento de piezas de motores de automóviles. Su alta eficiencia (eficiencia de corte

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

aumentada en un 20%-30%) y estabilidad la hacen popular en la fabricación moderna. Su flexibilidad de diseño es alta, y la geometría de la cuchilla, los parámetros de la forma de onda y el tipo de recubrimiento se pueden personalizar según el material de la pieza y los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, esta herramienta también se puede integrar con software CAM para ajustar dinámicamente los parámetros de corte para optimizar los resultados del procesamiento.

Características estructurales de la fresa de extremo ondulado trasero de carburo sólido

La fresa de extremo de carburo sólido con filo ondulado trasero busca mejorar la eficiencia de corte, la reducción de vibraciones y la capacidad de arranque de viruta. Generalmente, adopta una estructura de mango recto, una cuchilla cilíndrica o esférica y un diseño ondulado único en la cara trasera, combinado con una disposición de múltiples dientes para adaptarse al corte con cargas elevadas. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): Con un rango de 2 mm a 32 mm, las fresas micro ($D < 6$ mm) se utilizan para grabado fino o microcavidades, las medianas ($D = 6-20$ mm) son adecuadas para fresado general y las grandes ($D > 20$ mm) se utilizan para procesamiento de áreas grandes o corte de ranuras profundas.

Perfil de la cuchilla: incluye diseño de fondo plano, cabeza esférica o punta redonda, el espaciado del pico de onda (0,5-2 mm) y la profundidad de onda (0,1-0,3 mm) de la cuchilla ondulado trasera se pueden personalizar, y la precisión del perfil se controla dentro de $\pm 0,005$ mm a través del rectificado CNC.

Longitud total (L): 50 mm a 250 mm, adecuado para centros de mecanizado CNC pequeños (50-100 mm) a centros de mecanizado pesados (150-250 mm), extra largo (300 mm) para procesamiento de cavidades profundas.

Longitud de corte efectiva (l): 5 mm a 150 mm, el procesamiento superficial (5-30 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el procesamiento profundo (50-150 mm) es adecuado para cavidades profundas o corte de varios niveles.

Diámetro del vástago (d): Rango de 3 mm a 32 mm, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), el diámetro máximo admite transmisión de alto torque.

Ángulo de hélice: 20° - 45° , el valor estándar es 30° - 35° , descarga de viruta optimizada, 35° - 40° se utiliza comúnmente para el acabado.

de corte : 2-8 filos de corte, 2-4 para diámetros pequeños, 4-8 para diámetros medianos y grandes.

El diseño del filo ondulado posterior reduce la concentración de las fuerzas de corte a través de la cara posterior ondulada (la tasa de dispersión de fuerza alcanza el 15-20 %), y la cuchilla está rectificadas con ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar contornos suaves ($Ra \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la cuchilla está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg), y los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (presión de 5-10 bar) para mejorar la gestión térmica y la eficiencia de arranque de viruta.

3. Material de fresa de extremo de borde ondulado trasero de carburo sólido

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y estabilidad. Los grados comunes incluyen:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG6X: Dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido.

YT15: Dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800°C, adecuado para aleaciones de alta temperatura.

YW2T: Dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para materiales difíciles de procesar.

Fabricación de fresas de carburo sólido con filo ondulado trasero

El proceso de fabricación incluye:

de la materia prima : Mezcle polvo de carburo de tungsteno y polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), agregue TiC o NbC , tamaño de partícula de 0,5 a 2 micrones, molino de bolas durante 24 a 48 horas.

Prensado: Prensa hidráulica de 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , utilizando tecnología CIP.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas.

Post-procesamiento: torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($Ra \leq 0,05$ micras).

TiAlN (3-8 micras) o DLC (1-3 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción.

Parámetros técnicos de la fresa de extremo ondulado trasero de carburo sólido

Dureza: sustrato HV 1800-2200, recubierto HV 3400. Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio.

Avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente. Profundidad de corte (ap): 0,05-5 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión del perfil $< 0,005$ mm. Rugosidad superficial: Ra 0,2-0,8 micras.

Escenarios de aplicación de las fresas de extremo de carburo sólido con borde ondulado trasero

de moldes : Acabado de cavidades de moldes (profundidad 20-50 mm), $Ra < 0,4$ micras.

Aeroespacial: Fresado de palas de alas de aleación de titanio (espesor 10-30 mm), precisión $\pm 0,01$ mm.

Industria del automóvil: Procesamiento de ranuras de culata (ancho 10-20 mm), $Ra < 0,6$ micras.

Industria electrónica: procesamiento de cavidades de carcasa (profundidad 5-15 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

Precauciones para el uso de fresas de extremo ondulado trasero de carburo sólido

Máquina herramienta: CNC de cinco ejes, descentramiento $< 0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 5 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 20 L/min).

Parámetros: Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 1 mm.

Instalación: Coaxialidad $< 0,002$ mm, fuerza de sujeción 30-50 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,3 mm o cuando la hoja esté astillada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química, militar y otros. Si necesita fresas de extremo de carburo sólido con filo ondulado trasero, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat : "China Tungsten Online"



apéndice:

JB/T 7972-1999

Fresa de extremo de vástago cónico con dientes helicoidales de carburo

Fresas de extremo de vástago cónico helicoidal de carburo

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma JB/T 1-1996 "Reglas para la Elaboración de Normas de la Industria de Maquinaria". Esta norma sustituye a la norma JB/T 7972-1995 "Fresas de extremo de mango cónico helicoidal de carburo". En comparación con la norma JB/T 7972-1995, los principales cambios técnicos incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas de extremo de mango cónico, la adición de instrucciones sobre la aplicabilidad del recubrimiento, el ajuste de las especificaciones de diseño del ángulo de hélice y el número de cuchillas, y la armonización parcial con las prácticas internacionales.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de elaboración de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Principales redactores de esta norma:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de ensayo, reglas de inspección y marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de las fresas

de extremo de carburo cementado con mango cónico y dientes helicoidales . 1.2 Esta norma se aplica al fresado de ranuras, fresado lateral y fresado de perfiles en el mecanizado de metales. El material de la herramienta es carburo cementado y cumple con la norma GB/T 2072-2006. El mango cónico cumple con la norma de conicidad 7:24.

1.3 Esta norma no se aplica a las fresas de extremo con estructura de dientes no helicoidales ni mango sin cono.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

JB/T 1-1996, Reglas para la elaboración de normas para la industria de maquinaria

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 6108:1978, Fresas. Dimensiones de intercambiabilidad para portafresas o mandriles de fresa con conicidades 7:24.

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 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

- 3.1 Las fresas de extremo de vástago cónico helicoidal de carburo son fresas de extremo de vástago cónico hechas de carburo sólido con un filo de corte en espiral oblicuo, utilizadas para cortar metal.
- 3.2 El ángulo de inclinación del filo de corte biselado con respecto al eje de la herramienta afecta la eliminación de viruta y el rendimiento de corte.
- 3.3 Vástago cónico 7:24 Un vástago con un cono de 7:24 (7 mm por 100 mm de longitud) que se utiliza para conectar al husillo de la máquina herramienta.

4 Símbolos y abreviaturas

- D: Diámetro de la herramienta (mm)
- L: Longitud total (mm)
- l: longitud de corte efectiva (mm)
- d: Diámetro del extremo pequeño del vástago cónico (mm)
- WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

- Tipo estándar: dientes helicoidales de un solo extremo, lado derecho o izquierdo, 2-4 dientes.
- Tipo de mecanizado de desbaste: 2-3 filos de corte, ranuras de viruta más profundas.
- Tipo de acabado: 4-6 filos de corte, ángulo de bisel 30°-45°.

5.2 Rango de tamaño

- Diámetro (D): 6 mm a 32 mm.
- Longitud total (L): 80 mm a 200 mm.
- Longitud de corte efectiva (l): 15 mm a 80 mm.
- Diámetro del extremo pequeño del vástago cónico (d): 16 mm a 32 mm, de acuerdo con ISO 6108:1978.

5.3 Tolerancia

- Tolerancia de diámetro: $\pm 0,02$ mm (grado IT6).
- Tolerancia de longitud: $\pm 0,5$ mm.
- Tolerancia del vástago cónico: $\pm 0,01$ mm/100 mm.

5.4 Bisel

- Valor estándar: 30° (rotación hacia la derecha), rango: 15°-45°.
- Recomendado para acabado: 35°-40°.

5.5 hojas

- $D \leq 12$ mm: 2-3 hojas.
- $D > 12$ mm: 3-6 hojas.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

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

Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) e YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN , TiCN , espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-10 μm) .

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2\text{ }\mu\text{m}$.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de dimensiones se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 La medición de bisel se realizará utilizando un instrumento de medición de ángulos con un error de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# con una velocidad de corte de 200 m/min y una vida útil de registro de $\geq 10\text{ h}$.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el ángulo de bisel y la adherencia del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-12 $\times$ 100-30°) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50\text{ }^\circ\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del extremo pequeño del vástago cónico (d, mm)	Número de cuchillas	Ángulo de bisel ($^\circ$)
6	80	15	16	2	30
12	120	30	20	3	30
20	160	50	25	4	35
32	200	80	32	6	40

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

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

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-300	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 30/12/1999

Fecha de implementación: 01-07-2000

Norma industrial n.º: JB/T 7972-1999

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

Versión simulada basada en la estructura de la norma JB/T 7972-1999 y la práctica industrial de fresas de extremo cónico helicoidal de carburo cementado. Este artículo asume algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se refiere a las características generales de diseño y fabricación de las fresas de extremo cónico (como conicidad 7:24 y aplicación de recubrimiento) para mantener la coherencia del contenido. Sin embargo, se recomienda obtener el texto oficial de la norma JB/T 7972-1999 para garantizar su integridad y precisión.

apéndice:

fresa de extremo cónico helicoidal de carburo ?

1. Definición y función de la fresa de extremo cónico helicoidal de carburo cementado

La fresa de extremo de carburo con vástago cónico y dientes helicoidales es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un fresado eficiente y preciso. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la automoción, la fabricación de equipos energéticos y otros campos. Sus principales características son el uso de dientes helicoidales (diseño de ángulo de hélice) y la estructura de vástago cónico (cono Morse o cono SK). Junto con el excelente rendimiento del carburo cementado, logra alta estabilidad, alta precisión y un excelente efecto de descarga de viruta. La fresa de extremo de carburo con vástago cónico y dientes helicoidales está hecha de carburo cementado, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a las altas temperaturas, y puede cortar eficientemente materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio, aleaciones a base de níquel y metales no ferrosos (como aleaciones de aluminio y cobre).

optimiza la fuerza de corte y el rendimiento de reducción de vibración a través del filo inclinado, mientras que la estructura de mango cónico mejora la conexión rígida entre la herramienta y el husillo de la máquina herramienta (la fuerza de sujeción puede alcanzar 5000-10000 N), lo que es particularmente adecuado para procesar cavidades complejas, ranuras profundas, piezas de trabajo de superficie lateral e inclinada. A menudo se utiliza junto con máquinas herramienta CNC (CNC),

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

centros de mecanizado o fresadoras pesadas, esta herramienta funciona bien en el acabado de moldes, fresado de piezas estructurales de aviación y procesamiento de cigüeñales de automóviles. Su alta eficiencia (eficiencia de corte aumentada en un 15%-25%) y estabilidad la convierten en una opción ideal para escenarios de procesamiento de alta demanda. Tiene una alta flexibilidad de diseño y puede personalizar el ángulo de hélice, los parámetros de cono y la geometría de la cuchilla de acuerdo con el material de la pieza de trabajo y los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta también se puede integrar con software CAM para optimizar dinámicamente las rutas de corte y los parámetros para mejorar la precisión del procesamiento y la vida útil de la herramienta.

Características estructurales de la fresa de extremo de vástago cónico con dientes helicoidales de carburo

Las fresas de extremo de carburo con mango cónico helicoidal buscan un corte eficiente, reducción de vibraciones y una conexión rígida. Suelen adoptar una estructura de mango cónico (cono Morse 1/10 o SK40/50 estándar), con una disposición helicoidal de múltiples dientes en el filo de corte, que combina capacidades de corte radial y axial para satisfacer las necesidades de procesamiento multidireccional. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): Con un rango de 6 mm a 40 mm, las fresas micro ($D < 10$ mm) se utilizan para procesamiento fino, las medianas ($D = 10-25$ mm) son adecuadas para fresado general y las grandes ($D > 25$ mm) se utilizan para cortes pesados o procesamiento de áreas grandes.

Especificaciones del vástago cónico: Cumple con los estándares de cono Morse (MT2-MT4) o cono SK (SK40-SK50), la precisión del cono se controla a nivel AT3 (error de cono $< 0,005$ mm) para garantizar un ajuste perfecto con el husillo, la longitud del vástago cónico (50-150 mm) se personaliza según el modelo de la máquina herramienta.

Longitud total (L): 100 mm a 300 mm, adecuado para CNC pesado (100-200 mm) o centros de mecanizado grandes (200-300 mm), extra largo (350 mm) para procesamiento de cavidades profundas o voladizos largos.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 200 mm, el procesamiento superficial (10-50 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el procesamiento profundo (100-200 mm) es adecuado para cavidades profundas o corte de múltiples etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla en 4:1-6:1.

Diámetro del vástago (d): El diámetro del extremo mayor del vástago cónico es de 6 mm a 40 mm, con una tolerancia de h6 ($0/-0,006$ mm). El diámetro del extremo menor disminuye según el cono para garantizar una fuerza de sujeción progresiva.

Ángulo de hélice: 25° - 50° , el valor estándar es 30° - 40° , el diseño de diente helicoidal optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 40° - 45° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie y 25° - 30° se pueden seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia.

de corte : De 2 a 10 filos , según el diámetro y la precisión del mecanizado. Los diámetros pequeños

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

($D < 15$ mm) tienen de 2 a 4 filos, mientras que los diámetros medianos y grandes ($D > 15$ mm) tienen de 6 a 10 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia, pero requiere un soporte de alta rigidez para la máquina herramienta.

El diseño de diente helicoidal reduce el impacto de las fuerzas de corte (tasa de dispersión de fuerza de 20%-30 %) inclinando el filo de corte (ángulo 5° - 10°), y el filo de corte es procesado por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para asegurar contornos suaves ($R_a \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, velocidad de prueba 15000 RPM) para reducir las vibraciones en el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1,5 mm, presión 5-15 bar) o ranuras antivibración, que mejoran significativamente la evacuación de viruta (eficiencia aumentada en un 25%-35%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), adecuada para el procesamiento continuo de alta carga o el corte de agujeros profundos.

3. Material de fresa de extremo cónico con dientes helicoidales de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste.

YT15: carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800°C , adecuado para acero inoxidable y aleaciones de alta temperatura.

YW2T: Contiene carburo de tantalio, dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel.

La selección del material debe tener en cuenta la conductividad térmica de la pieza de trabajo (40-50 W/ m·K para acero, 15-20 W/ m·K para aleación de titanio) y la temperatura de corte (600 - 900°C).

Fabricación de fresas de extremo de vástago cónico con dientes helicoidales de carburo

El proceso de fabricación incluye:

de la materia prima : Mezcle polvo de carburo de tungsteno y polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), agregue TiC o NbC , tamaño de partícula de 0,5 a 2 micrones y molino de bolas durante 24 a 48 horas.

Prensado: Prensa hidráulica de 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , utilizando tecnología CIP.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C - 1600°C , 10-12 horas.

Post-procesamiento: torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($R_a \leq 0,05$ micras).

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Parámetros técnicos de la fresa de extremo de vástago cónico con dientes helicoidales de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-5 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de contorno $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,2-0,8 micras.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de extremo de vástago cónico con dientes helicoidales de carburo cementado

de moldes : Acabado del lateral del molde (profundidad 20-50 mm), Ra $< 0,4$ micras.

Aeroespacial: Fresado de marcos de aleación de titanio (espesor 10-30 mm) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria automotriz: Mecanizado de ranuras de cigüeñal (ancho 10-20 mm), Ra $< 0,6$ micras.

Equipos de energía : Procesamiento de cavidades de álabes de turbina (profundidad 15-40 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

7. Precauciones para el uso de fresas de extremo cónico helicoidal de carburo

Máquina herramienta: CNC de cinco ejes, descentramiento $< 0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 5 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 20 L/min).

Parámetros: Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 1 mm.

Instalación: Coaxialidad $< 0,002$ mm, fuerza de sujeción 30-50 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,3 mm o cuando la hoja esté astillada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química, militar y otros. Si necesita fresas de extremo de carburo cementado con vástago cónico y dientes helicoidales, ¡estamos encantados de ofrecerle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

JB/T 7971-1999

Fresa de extremo de vástago recto con engranaje helicoidal de carburo

Fresas de extremo de vástago recto helicoidal de carburo

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma JB/T 1-1996 "Reglas para la Elaboración de Normas de la Industria de Maquinaria". Esta norma sustituye a la norma JB/T 7971-1995 "Fresas de extremo helicoidales de mango recto de carburo". En comparación con la norma JB/T 7971-1995, los principales cambios técnicos incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas de extremo helicoidales, la adición de instrucciones sobre la aplicabilidad del recubrimiento, el ajuste de las especificaciones de diseño del ángulo de hélice y el número de cuchillas, y la armonización parcial con las prácticas internacionales.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades redactoras de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Principales redactores de esta norma:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de ensayo, reglas de inspección y marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de las fresas de extremo de carburo cementado con dientes helicoidales y mango recto.

1.2 Esta norma se aplica al fresado de ranuras, fresado lateral y fresado de perfiles en el mecanizado de metales. El material de la herramienta es carburo cementado y cumple con la norma GB/T 2072-2006.

1.3 Esta norma no se aplica a las fresas de extremo con dientes no helicoidales ni mangos no rectos.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

JB/T 1-1996, *Reglas para la elaboración de normas para la industria de maquinaria*

GB/T 2072-2006, *Requisitos técnicos para carburo cementado*

GB/T 1800.1-2009, *Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste*

ISO 1641:1988, *Fresas de extremo y brocas para ranurar — Dimensiones*

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

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 Las fresas de extremo de mango recto helicoidal de carburo son fresas de extremo de mango recto hechas de carburo sólido, con un filo de corte en espiral oblicuo, utilizadas para cortar metal. 3.2 El ángulo de inclinación del filo de corte biselado con respecto al eje de la herramienta afecta la eliminación de viruta y el rendimiento de corte.

3.3 Número de filos de corte El número de filos de corte de una herramienta determina la eficiencia de corte y la calidad de la superficie.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: Longitud de corte efectiva (mm)

d: Diámetro del vástago (mm)

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: dientes helicoidales de un solo extremo, lado derecho o izquierdo, 2-4 dientes.

Tipo de mecanizado de desbaste: 2-3 filos de corte, ranuras de viruta más profundas.

Tipo de acabado: 4-6 filos de corte, ángulo de bisel 30°-45°.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 3 mm a 20 mm.

Longitud total (L): 50 mm a 150 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 70 mm.

Diámetro del vástago (d): 3 mm a 20 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,01$ mm (grado IT6).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Bisel

Valor estándar: 30° (rotación hacia la derecha), rango: 15°-45°.

Recomendado para acabado: 35°-40°.

5.5 hojas

$D \leq 10$ mm: 2-3 hojas.

$D > 10$ mm: 3-6 hojas.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) e YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN, TiCN, espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 ,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

espesor 5-10 μm).

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,1\text{ }\mu\text{m}$.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de dimensiones se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01\text{ mm}$. 7.2 La medición de bisel se realizará utilizando un instrumento de medición de ángulos con un error de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# con una velocidad de corte de 200 m/min y una vida útil de registro de $\geq 15\text{ h}$.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el ángulo de bisel y la adherencia del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-6 $\times$ 70-30°) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera o cartón.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50\text{ }^\circ\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Número de cuchillas	Ángulo de bisel ($^\circ$)
3	50	10	3	2	30
6	70	20	6	2	30
12	100	40	12	3	35
20	150	70	20	6	40

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	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

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 30/12/1999

Fecha de implementación: 01-07-2000

Norma industrial n.º: JB/T 7971-1999

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en la estructura de la norma JB/T 7971-1999 y la práctica industrial de fresas de extremo helicoidales de carburo con mango recto. Dado que el texto oficial completo no está disponible, este artículo asume algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se refiere al diseño general y las características de fabricación de las fresas de extremo helicoidales (como ángulo de bisel y aplicación de recubrimiento). Estas suposiciones buscan mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma JB/T 7971-1999 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice:

¿Qué es una fresa de extremo recto helicoidal de carburo?

1. Definición y función de la fresa de extremo recto helicoidal de carburo

La fresa de extremo de carburo con vástago recto helicoidal es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un fresado eficiente y preciso. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz y la producción de piezas mecánicas. Sus principales características son el diseño de dientes helicoidales (en espiral) y la estructura de conexión del vástago recto, combinados con el excelente rendimiento del carburo, que permite un corte suave, optimiza la descarga de viruta y mejora la precisión del procesamiento. La fresa de extremo de carburo con vástago recto helicoidal está basada en carburo, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, adecuada para cortar una variedad de materiales de alta resistencia, como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel y metales no ferrosos (como aleaciones de aluminio y aleaciones de cobre). El diseño de diente helicoidal reduce el impacto de la fuerza de corte y la vibración (amplitud reducida en un 20%-30%) a través del filo inclinado, mientras que la estructura de mango recto (generalmente cilíndrica, de acuerdo con las normas DIN 6535 HA o HB) es fácil de instalar y reemplazar, y es ampliamente adecuada para máquinas herramienta CNC (CNC), centros de mecanizado o fresadoras manuales. La herramienta puede completar eficientemente el fresado lateral, el fresado de ranuras, el procesamiento de cavidades y el fresado de contornos, con una calidad de superficie de hasta Ra 0,2-0,8 micras y una precisión de tolerancia de IT5-IT7. Es particularmente adecuada para el procesamiento de piezas de trabajo de tamaño mediano y geometrías complejas. En comparación con las fresas de extremo de diente recto tradicionales, las fresas de extremo de mango recto de diente helicoidal reducen significativamente el ruido de corte (hasta 65-70 dB) y el desgaste de la herramienta (la vida útil aumenta en un 15%-25%), y funcionan bien en la producción de alta eficiencia. Ofrece una gran flexibilidad de diseño, y el número de dientes, el ángulo de hélice y la geometría de la cuchilla se pueden personalizar según el material de la pieza y los requisitos de procesamiento. Gracias al desarrollo de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta puede integrarse con software CAM para optimizar dinámicamente las trayectorias y los parámetros de corte.

2. Características estructurales de la fresa de extremo de vástago recto con dientes helicoidales de carburo

El diseño estructural de las fresas de mango recto helicoidal de carburo busca mejorar la eficiencia de corte, reducir la vibración y facilitar la instalación. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto (cilíndrico) y una disposición helicoidal de múltiples dientes en el filo, combinando capacidades de corte radial y axial para satisfacer las necesidades de procesamiento multidireccional. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

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

Diámetro (D): Con un rango de 3 mm a 32 mm, las fresas micro ($D < 6$ mm) se utilizan para procesamiento fino o microcavidades, las medianas ($D = 6-20$ mm) son adecuadas para fresado general y las grandes ($D > 20$ mm) se utilizan para procesamiento de áreas grandes o corte de ranuras profundas.

Especificaciones del vástago: de acuerdo con los estándares DIN 6535 HA (vástago plano) o HB (sin vástago), el diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, grado de tolerancia h6 (0/-0,006 mm), la longitud del vástago (40-150 mm) se personaliza según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina.

Longitud total (L): 60 mm a 250 mm, adecuado para centros de mecanizado CNC pequeños (60-120 mm) o de tamaño mediano (150-250 mm), extra largo (300 mm) para procesamiento de cavidades profundas o voladizos largos.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 150 mm, el procesamiento superficial (10-40 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el procesamiento profundo (80-150 mm) es adecuado para cavidades profundas o corte de múltiples etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla en 3:1-5:1.

Diámetro del vástago (d): varía de 3 mm a 32 mm, coincidiendo con el diámetro de corte, el diámetro más grande admite una transmisión de torque medio (rango de torque 5-40 Nm), la superficie del vástago está rectificadora para garantizar la estabilidad de la sujeción.

Ángulo de hélice: 25° - 50° , el valor estándar es 30° - 40° , el diseño de diente helicoidal optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 40° - 45° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie y 25° - 30° se pueden seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia.

de corte : De 2 a 10 filos, según el diámetro y la precisión del mecanizado. Los diámetros pequeños ($D < 10$ mm) tienen de 2 a 4 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 10$ mm) tienen de 6 a 10 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El diseño de diente helicoidal reduce la concentración de fuerzas de corte (tasa de dispersión de fuerza de 20%-30 %) inclinando el filo de corte (ángulo 5° - 10°), y el filo de corte es procesado por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para asegurar contornos suaves ($Ra \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, probado a 12000 RPM) para reducir las vibraciones en el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1 mm, presión 5-10 bar) o ranuras antivibración, que mejoran significativamente la evacuación de viruta (eficiencia aumentada en un 20%-30%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 500^{\circ}\text{C}$), adecuado para el procesamiento continuo o el corte de ranuras profundas.

3. Material de fresa de extremo de vástago recto helicoidal de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

incluyen:

YG6X: El contenido de cobalto es del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido (como 40Cr) y hierro fundido, con excelente resistencia al desgaste y vida útil de corte de hasta 50-70 horas.

YT15: carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de alta temperatura (como Inconel 625), la vida útil puede alcanzar las 60-80 horas.

YW2T: Contiene carburo de tantalio (TaC), dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel, la vida útil puede alcanzar las 70-100 horas.

La selección del material debe considerar la conductividad térmica de la pieza (40-50 W/ m·K para acero y 15-20 W/ m·K para aleación de titanio) y la temperatura de corte (500-800 °C). Algunos modelos añaden trazas de tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la microestructura.

4. Fabricación de fresas de extremo de vástago recto con dientes helicoidales de carburo

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: Prensa hidráulica de 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , utilizando tecnología CIP para mejorar la uniformidad.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: torneado (excentricidad < 0,01 mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($Ra \leq 0,05$ micras).

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción.

5. Parámetros técnicos de la fresa de extremo de vástago recto para engranajes helicoidales de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-5 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de contorno <0,005 mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,2-0,8 micras.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de extremo helicoidal de carburo con mango recto

de moldes : Acabado del lateral del molde (profundidad 20-50 mm), $Ra < 0,4$ micras.

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

Aeroespacial: Fresado de marcos de aleación de titanio (espesor 10-30 mm) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria automotriz : Mecanizado de ranuras de cigüeñal (ancho 10-20 mm), $R_a < 0,6$ micras.

Piezas mecánicas: Procesamiento de ranuras de engranajes (profundidad 15-40 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

7. Precauciones para el uso de fresas de extremo recto helicoidales de carburo

Máquinas herramienta: CNC de tres o cinco ejes, concentricidad $< 0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 15 L/min).

Parámetros: V_c 150 m/min, f_z 0,05 mm/diente, a_p 1 mm.

Instalación: Coaxialidad $< 0,002$ mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando VB alcance 0,3 mm o cuando la hoja esté astillada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química, militar y otros. Si necesita fresas de extremo helicoidales de carburo cementado con mango recto, ¡estamos encantados de ofrecerle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

GB/T 6120-2012
Fresa de hoja de sierra
Sierras de corte

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 6120-1996 "Fresas para Hojas de Sierra". En comparación con la norma GB/T 6120-1996, los principales cambios técnicos incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas para hojas de sierra, la adición de instrucciones sobre la diversidad de materiales, el ajuste de las especificaciones de diseño de los dientes y su equivalencia parcial con la norma ISO 481:1990.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de redacción de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de ensayo, reglas de inspección y marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de las fresas de hoja de sierra.

1.2 Esta norma se aplica al ranurado, el particionamiento y el procesamiento de paredes delgadas en el corte de metales. Los materiales de las herramientas incluyen acero rápido (HSS) y carburo cementado, que cumplen con las normas GB/T 2072-2006 y GB/T 9943-2002. 1.3 Esta norma no se aplica a las fresas sin hoja de sierra ni a las herramientas de corte para materiales no metálicos.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 9943-2002, Especificación para aceros para herramientas de alta velocidad

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 481:1990, Sierras de corte con dientes finos y gruesos — Dimensiones

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

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 Fresa de hoja de sierra Herramienta

de corte en forma de disco delgado con múltiples dientes de corte, utilizada para ranurar y dividir, puede estar hecha de acero de alta velocidad o carburo.

3.2 Paso de diente La distancia entre dientes

de corte adyacentes, que afecta la eficiencia de corte y la calidad de la superficie.

3.3 Espesor El espesor axial de la fresa de hoja de sierra, que determina el ancho de la ranura.

4 Símbolos y abreviaturas

D: diámetro exterior (mm), d: diámetro del agujero (mm), T: espesor (mm), Z: número de dientes, HSS: acero de alta velocidad

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: dientes finos o dientes gruesos, número de dientes 20-100, espesor 0,5-8 mm.

Tipo de mecanizado de desbaste: número de dientes 20-50, espesor 2-8 mm.

Tipo de acabado: número de dientes 50-100, espesor 0,5-3 mm.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro exterior (D): 40 mm a 300 mm.

Apertura (d): 16 mm a 50 mm, de acuerdo con la tolerancia h7 (GB/T 1800.1-2009).

Espesor (T): 0,5 mm a 8 mm.

5.3 Tolerancia

Tolerancia del diámetro exterior: $\pm 0,02$ mm (calidad IT6). Tolerancia del diámetro del orificio: h7 (0/-0,010 mm). Tolerancia del espesor: $\pm 0,01$ mm.

5.4 Número de dientes (Z)

$D \leq 150$ mm: 20-70 dientes. $D > 150$ mm: 70-100 dientes.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Acero de alta velocidad (HSS): Cumple con la norma GB/T 9943-2002. Los grados recomendados son M2 (HV 800-850) y M35 (HV 850-900).

Carburo cementado: cumple con GB/T 2072-2006, el grado recomendado es YG6 (HV 1800-1900).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN, TiCN, espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-10 μm).

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado ≥ 70 N.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$.

6.4 Diseño de la forma del diente

La forma del diente es de ángulo de ataque positivo o ángulo de ataque cero, y el chaflán de la punta del diente es de 0,1 a 0,2 mm.

Los dientes finos son adecuados para ranurados precisos, los dientes gruesos para una separación rápida.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7 Métodos de prueba

7.1 Medición de dimensiones

De acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013, utilice un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01$ mm. 7.2 Prueba de ranurado Mecanice una ranura de 2 mm de ancho en una muestra de acero n.º 45 y verifique la verticalidad y la calidad de la superficie de la pared de la ranura.

7.3 Prueba de rendimiento de corte Velocidad de corte 150 m/min (HSS) o 200 m/min (aleación dura), vida útil ≥ 10 h.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro exterior, el espesor, el tamaño de poro y la adherencia del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como M2-100×2×25 o YG6-150×4×32) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas (>50 °C) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro exterior (D, mm)	Espesor (T, mm)	Apertura (d, mm)	Número de dientes (Z)	Tipo de material
40	0.5	16	20	HSS
100	2	Veintidós	40	HSS/Aleación dura
200	4	32	70	carburo cementado
300	8	50	100	carburo cementado

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-250	0,05-0,2	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

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
hierro fundido	150-350	0,05-0,3	1-4
Aleación de aluminio	200-500	0,1-0,4	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 31/12/2012

Fecha de implementación: 01/07/2013

Norma nacional n.º: GB/T 6120-2012

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

GB/T 14301-2008

Fresa de hoja de sierra de carburo sólido
Sierras de corte de carburo integral

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 14301-1993 "Fresas de Hojas de Sierra de Carburo Sólido". En comparación con la norma GB/T 14301-1993, los principales cambios técnicos incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas de hojas de sierra, la adición de instrucciones sobre la aplicabilidad del recubrimiento, el ajuste de las especificaciones de diseño de los dientes y su equivalencia parcial con la norma ISO 481:1990.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de redacción de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de ensayo, reglas de inspección y marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de las fresas de hoja de sierra de carburo sólido.

1.2 Esta norma se aplica al ranurado, el particionamiento y el procesamiento de paredes delgadas en el corte de metales. El material de la herramienta es carburo sólido y cumple con la norma GB/T 2072-2006. 1.3 Esta norma no se aplica a las fresas sin hoja de sierra ni a las herramientas de corte fabricadas con materiales que no sean de carburo sólido.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 481:1990, Sierras de corte con dientes finos y gruesos — Dimensiones

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

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 fresa de hoja de sierra de carburo sólido es una herramienta de corte delgada en forma de disco hecha de carburo sólido y equipada con múltiples dientes de corte para ranurar y dividir.

3.2 El paso de diente es

la distancia entre dientes de corte adyacentes, que afecta la eficiencia de corte y la calidad de la superficie.

3.3 El espesor

es el espesor axial de la fresa de hoja de sierra, que determina el ancho de la ranura.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro exterior (mm)

d: Apertura (mm)

T: Espesor (mm)

Z: Número de dientes

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: dientes finos o gruesos, número de dientes 20-80, espesor 1-6 mm.

Tipo de mecanizado de desbaste: número de dientes 20-40, espesor 2-6 mm.

Tipo de acabado: número de dientes 40-80, espesor 1-3 mm.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro exterior (D): 50 mm a 200 mm.

Apertura (d): 16 mm a 40 mm, de acuerdo con la tolerancia h7 (GB/T 1800.1-2009).

Espesor (T): 1 mm a 6 mm.

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro exterior: $\pm 0,02$ mm (grado IT6).

Tolerancia del diámetro del agujero: h7 (0/-0,010 mm).

Tolerancia de espesor: $\pm 0,01$ mm.

5.4 Número de dientes (Z)

$D \leq 100$ mm: 20-50 dientes.

$D > 100$ mm: 50-80 dientes.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) e YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN, TiCN, espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-10 μm).

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado ≥ 70 N.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$.

6.4 Diseño de la forma del diente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La forma del diente es de ángulo de ataque positivo o ángulo de ataque cero, y el chaflán de la punta del diente es de 0,1 a 0,2 mm.

7 Métodos de prueba

7.1 Medición de dimensiones

De acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013, utilice un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01$ mm. 7.2 Prueba de ranurado Mecanice una ranura de 2 mm de ancho en una muestra de acero n.º 45 y verifique la verticalidad y la calidad de la superficie de la pared de la ranura.

7.3 Prueba de rendimiento de corte Velocidad de corte 150 m/min, vida útil ≥ 10 h.

8 Reglas de inspección

Se tomará una muestra del 8,15 % de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro exterior, el espesor, el tamaño de los poros y la adhesión del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos será $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-100×2×25) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50\text{ }^{\circ}\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro exterior (D, mm)	Espesor (T, mm)	Apertura (d, mm)	Número de dientes (Z)
50	1	16	20
100	2	Veintidós	40
150	4	32	60
200	6	40	80

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-250	0,05-0,2	1-3
hierro fundido	150-350	0,05-0,3	1-4
Aleación de aluminio	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 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 10/10/2008

Fecha de implementación: 01-01-2009

Norma nacional n.º: GB/T 14301-2008

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión simulada basada en la estructura de la norma GB/T 14301-2008 y la práctica industrial de fresas para hojas de sierra de carburo sólido. Dado que el texto oficial completo no está disponible, se asumen algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se hace referencia a las características generales de diseño y fabricación de las fresas para hojas de sierra (como forma de diente y aplicación de recubrimiento). Estas suposiciones pretenden mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma GB/T 14301-2008 para garantizar su integridad y precisión.

apéndice:

¿Qué es una fresa de hoja de sierra de carburo sólido ?

1. Definición y función de la fresa de hoja de sierra de carburo sólido

La fresa de hoja de sierra de carburo sólido es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para corte y ranurado eficientes. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la carpintería, el procesamiento de materiales compuestos y la fabricación de moldes. Su característica principal es su diseño de hoja delgada con múltiples filos dentados continuos. Combinado con el excelente rendimiento de los materiales de carburo sólido, permite un corte a alta velocidad, un corte longitudinal preciso y un ranurado de alta calidad. La fresa de hoja de sierra de carburo sólido está basada en carburo y presenta una alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a las altas temperaturas. Es adecuada para cortar diversos materiales, como acero (HRC 20-50), acero inoxidable, aleaciones de aluminio, materiales compuestos (como el plástico reforzado con fibra de carbono CFRP), madera y materiales no metálicos (como la resina fenólica). La fresa de hoja de sierra permite realizar cortes de paredes delgadas, ranuras estrechas y corte longitudinal gracias a su diseño de múltiples dientes y su alta velocidad de rotación (hasta 18 000 RPM). Es especialmente adecuada para escenarios que requieren alta precisión y cortes suaves, como ranuras para componentes electrónicos, corte longitudinal de piezas estructurales de aviación y ranurado de moldes. En comparación con las fresas tradicionales de hoja de sierra de acero de alta velocidad, esta herramienta mejora significativamente la eficiencia de corte (un 30-40% mayor), la calidad superficial (Ra 0,4-1,2 micras) y la vida útil (50-120 horas), convirtiéndose en la opción preferida para el procesamiento de ranuras y corte longitudinal en la fabricación moderna. Su diseño es altamente flexible, y el número, la forma y el diámetro exterior de los dientes se pueden personalizar según el material de la pieza y los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, esta herramienta se puede integrar con software CAM para optimizar dinámicamente los parámetros de corte y mejorar la precisión del procesamiento y la durabilidad de la herramienta.

2. Características estructurales de la fresa de hoja de sierra de carburo sólido

El diseño estructural de la fresa de hoja de sierra de carburo sólido busca lograr un corte eficiente, un corte longitudinal preciso y una excelente evacuación de viruta. Generalmente, adopta un diseño de disco delgado, un vástago recto o una estructura de sujeción especial, y una disposición de múltiples dientes de sierra continuos en la hoja, combinada con capacidades de corte radial para satisfacer diversas necesidades de procesamiento. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro exterior (D): en un rango de 10 mm a 150 mm, las fresas de hoja de sierra pequeñas (D < 30 mm) se utilizan para el procesamiento de ranuras finas, las de tamaño mediano (D = 30-80 mm) son adecuadas para el corte general y las grandes (D > 80 mm) se utilizan para el corte de áreas grandes o el procesamiento de ranuras profundas.

Espesor (T): 0,5 mm a 5 mm, el tipo delgado (T < 1 mm) se utiliza para micro ranuras o cortes, el

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

tipo medio y grueso ($T=1-3$ mm) es adecuado para el procesamiento de ranuras estándar y el tipo grueso ($T>3$ mm) se utiliza para cortes pesados.

Longitud total (L): 40 mm a 200 mm, adecuado para pequeños centros de mecanizado CNC (40-100 mm) o pesados (150-200 mm), extra largo (250 mm) para ranuras profundas o corte multicapa.

Ancho de corte efectivo (A): De 0,5 mm a 5 mm, en función del espesor, determina el ancho de la ranura o del corte. El micromecanizado ($A < 1$ mm) es adecuado para componentes electrónicos de precisión, mientras que el mecanizado a gran escala ($A > 3$ mm) es adecuado para piezas estructurales.

Diámetro del vástago (d): Rango de 6 mm a 32 mm, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), asegurando un ajuste perfecto con el mandril o husillo, el diámetro más grande admite transmisión de torque medio.

Ángulo de hélice: $0^{\circ}-30^{\circ}$ (algunos modelos tienen dientes rectos, 0°), el valor estándar es $10^{\circ}-20^{\circ}$, lo que optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración. $15^{\circ}-20^{\circ}$ se usa comúnmente para el procesamiento fino para mejorar la calidad de la superficie, y $0^{\circ}-10^{\circ}$ se puede usar para el procesamiento rugoso para mejorar la resistencia.

Número de dientes: 10-100 dientes de corte, según el diámetro exterior y la precisión de mecanizado. El diámetro pequeño ($D<30$ mm) tiene de 10 a 30 dientes, y el diámetro mediano y grande ($D>30$ mm) tiene de 40 a 100 dientes. Aumentar el número de dientes puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El diseño dentado logra un corte suave a través de filos continuos (ángulo de la punta del diente $15^{\circ}-25^{\circ}$), y la hoja está mecanizada mediante rectificado CNC de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar un perfil de diente suave ($R_a \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio <5 g·mm/kg, probado a 15.000 RPM) para reducir la vibración durante la rotación a alta velocidad (amplitud $<0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con ranuras laterales para viruta (ancho 0,5-1 mm) o canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1 mm, presión 5-10 bar), que mejoran significativamente la evacuación de viruta (eficiencia aumentada en un 25%-35%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $<400^{\circ}\text{C}$), adecuada para el procesamiento continuo de alta carga o el corte de paredes delgadas.

3. Material de corte de fresa de hoja de sierra de carburo sólido

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800°C , adecuado para acero inoxidable y aleaciones de aluminio, vida útil de hasta 70-90 horas.

K20: Contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1800, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especialmente diseñado para madera y materiales compuestos, fuerte antiadherencia, vida útil de hasta 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 20-50, aleación de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

aluminio HB 50-100) y la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) . Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia térmica.

4. Fabricación de hojas de sierra y fresas de carburo sólido

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($R_a \leq 0,05$ micras), acabado de los dientes con abrasivos de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o DLC (1-3 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

5. Parámetros técnicos de la fresa de hoja de sierra de carburo sólido

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): Acero 50-200 m/min, Aleación de aluminio 100-300 m/min, Madera 200-400 m/min.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,3 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-10 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de forma de diente $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: R_a 0,4-1,2 micras.

6. Escenarios de aplicación de la fresa de hoja de sierra de carburo sólido

de moldes : Procesamiento de ranuras de corte del molde (ancho 1-3 mm, profundidad 20-50 mm), $R_a < 0,8$ micrones.

Aeroespacial: Corte de paneles de CFRP (5-15 mm de espesor) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria automotriz: Procesamiento de ranuras de radiador de aleación de aluminio (ancho 2-5 mm), $R_a < 1,0$ micrón.

Trabajos de madera: Corte de tablas de madera dura (espesor 10-30 mm), superficie lisa.

7. Precauciones para el uso de fresas de hoja de sierra de carburo sólido

Máquinas herramienta: CNC de tres o cinco ejes, descentrado $< 0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW.

Refrigeración: Fluido de corte a alta presión (10 bar, 15 L/min) o aire comprimido (6 bar).

Parámetros: Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 2 mm.

Instalación: Coaxialidad $< 0,002$ mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Desgaste: Reemplace cuando el desgaste de la punta del diente VB alcance 0,3 mm o se produzca la rotura del diente.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química, militar y otros. Si necesita hojas de sierra y fresas de carburo sólido, ¡estamos encantados de ofrecerle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

GB/T 10948-2006

Fresa de carburo para ranuras en T

Fresas de carburo para ranuras en T

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 10948-1992 "Fresas de carburo para ranuras en T". En comparación con la norma GB/T 10948-1992, los principales cambios técnicos incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas para ranuras en T, la adición de instrucciones sobre la aplicabilidad del recubrimiento, el ajuste de las especificaciones de diseño del filo de corte y la armonización con las prácticas internacionales.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades redactoras de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Harbin Measuring Tools and Cutting Tools Group Co., Ltd. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia, requisitos técnicos, métodos de ensayo, reglas de inspección, marcado, embalaje, transporte y almacenamiento de las fresas de carburo cementado para ranuras en T.

1.2 Esta norma se aplica al mecanizado de ranuras en T en el corte de metal. El material de la herramienta es carburo cementado y cumple con la norma GB/T 2072-2006. 1.3 Esta norma no se aplica a las fresas que no son para ranuras en T ni a las herramientas de corte fabricadas con materiales no carburo cementado.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, *Directrices para el trabajo de normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción de normas*

GB/T 2072-2006, *Requisitos técnicos para carburo cementado*

GB/T 1800.1-2009, *Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste*

ISO 3338-1:1986, *Fresas para ranuras en T — Parte 1: Dimensiones y designación*

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

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 Fresa de carburo para ranuras en T Una herramienta de corte rotatoria hecha de carburo, utilizada para mecanizar ranuras en T, con capacidades de corte lateral y frontal.

3.2 Ranura en T

Una ranura con una sección transversal en forma de T, utilizada para instalar pernos en T o fijar piezas de trabajo. 3.3 Filo de corte lateral Una herramienta con un filo de corte circunferencial, utilizada para mecanizar las paredes laterales de una ranura en T.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

d: Diámetro del vástago (mm)

H: Altura de la ranura en T (mm)

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Estándar: Fresa de ranura en T de un solo extremo con 4-8 filos de corte y filos de corte laterales escalonados.

Tipo de mecanizado de desbaste: 4-6 filos de corte, ranura de corte más profunda.

Tipo de acabado: 6-8 bordes, bordes laterales lisos.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 8 mm a 40 mm.

Longitud total (L): 80 mm a 200 mm.

Diámetro del vástago (d): 10 mm a 32 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

Altura de ranura en T (H): 5 mm a 20 mm.

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,02$ mm (grado IT6).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,5$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

Tolerancia de altura de ranura en T: $\pm 0,1$ mm.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) e YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN, TiCN, espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-10 μm).

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado ≥ 70 N.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$.

6.4 Diseño de vanguardia

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Las cuchillas de corte laterales están dispuestas de forma escalonada y el número de cuchillas se ajusta según el diámetro.

Capacidad de corte frontal: garantiza un corte inicial suave.

7 Métodos de prueba

7.1 Medición de dimensiones

De acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013, utilice un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01$ mm. 7.2 Prueba de mecanizado de ranuras en T Mecanizado de una ranura en T de 20 mm de profundidad en una muestra de acero 45# para comprobar la precisión de la ranura y la calidad de la superficie. 7.3 Prueba de rendimiento de corte Velocidad de corte 150 m/min, vida útil ≥ 10 h.

8 Reglas de inspección

Se tomará una muestra del 8,15 % de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, la altura de la ranura en T y la adhesión del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser ≤ 2 %; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-12 $\times$ 100-H10) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas (>50 °C) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Altura de la ranura en T (H, mm)	Número de cuchillas
8	80	10	5	4
12	120	12	8	5
20	160	20	12	6
40	200	32	20	8

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-250	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-350	0,1-0,4	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

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Aleación de aluminio	200-500	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 30/12/2006

Fecha de implementación: 01-07-2007

Norma nacional n.º: GB/T 10948-2006

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

apéndice:

¿Qué es una fresa para ranuras en T de carburo?

1. Definición y función de la fresa de ranura en T de carburo

La fresa de carburo para ranuras en T es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para mecanizar ranuras en T o ranuras de cola de milano. Se utiliza ampliamente en mecanizado, fabricación de moldes, industria automotriz, aeroespacial y producción de piezas de maquinaria pesada. Su característica principal es que la hoja está diseñada con una estructura en forma de T o de cola de milano. Combinado con el excelente rendimiento del material de carburo cementado en general, puede cortar y formar eficientemente una ranura con una púa o estructura de soporte de carga. Es particularmente adecuada para piezas de trabajo que requieren funciones de conexión o guía de alta resistencia. La fresa de carburo para ranuras en T utiliza carburo cementado como base, tiene alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, y es adecuada para cortar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), hierro fundido y aleación de aluminio. La fresa para ranuras en T permite el conformado en un solo paso de ranuras en T, ranuras de cola de milano o estructuras similares en máquinas CNC o fresadoras especiales gracias a su geometría de cuchilla única. La precisión de mecanizado puede alcanzar el nivel IT5-IT7 y la calidad superficial puede alcanzar Ra de 0,4-1,0 micras. Se utiliza ampliamente en la fabricación de ranuras en T, ranuras guía y ranuras de posicionamiento de moldes en bancos de trabajo de máquinas herramienta. En comparación con el mecanizado tradicional multiherramienta o paso a paso, esta herramienta mejora significativamente la eficiencia del mecanizado (incremento de la eficiencia del 25%-35%) y la consistencia de la ranura (error <0,01 mm), y ofrece un excelente rendimiento en escenarios que requieren alta precisión y durabilidad. Ofrece una gran flexibilidad de diseño y permite personalizar el tamaño y el ángulo de la cuchilla según el ancho, la profundidad y el material de la ranura. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, esta herramienta se puede integrar con software CAM para optimizar dinámicamente las trayectorias y los parámetros de corte.

2. Características estructurales de la fresa de ranura en T de carburo

El diseño estructural de las fresas de carburo para ranuras en T busca lograr un conformado preciso de ranuras en T, la reducción de vibraciones y una eficiente evacuación de viruta. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto o cónico, con una disposición de dientes múltiples en forma de T o en cola de milano en la hoja, y combinan capacidades de corte radial y axial para adaptarse al procesamiento complejo de ranuras. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): con un rango de 8 mm a 50 mm, las fresas para ranuras en T pequeñas ($D < 15$ mm) se utilizan para micro ranuras, las de tamaño mediano ($D = 15-30$ mm) son adecuadas para ranuras en T generales y las grandes ($D > 30$ mm) se utilizan para ranuras de máquinas herramienta pesadas o corte de ranuras profundas.

Ancho de ranura (W): 2 mm a 20 mm, que coincide con el ancho en forma de T de la hoja, el microprocesamiento ($W < 5$ mm) es adecuado para piezas de precisión, el mediano ($W = 5-12$ mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

se utiliza para ranuras de máquinas herramienta estándar y el grande ($W > 12 \text{ mm}$) es adecuado para estructuras de carga pesada.

Longitud total (L): 60 mm a 300 mm, adecuado para CNC pequeños (60-150 mm) o centros de mecanizado pesados (200-300 mm), extra largo (350 mm) para ranuras profundas o corte multicapa. Longitud de corte efectiva (l): 15 mm a 200 mm, el procesamiento superficial (15-50 mm) es adecuado para ranuras superficiales, el procesamiento profundo (100-200 mm) es adecuado para ranuras en T profundas o corte de múltiples etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 4:1 y 6:1.

Diámetro del vástago (d): Rango de 6 mm a 32 mm, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006 \text{ mm}$), asegurando un ajuste perfecto con el mandril o husillo, el diámetro máximo admite una transmisión de alto torque.

Ángulo de hélice: 20° - 40° , el valor estándar es 25° - 35° , que optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración. 35° - 40° se utiliza comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie, y 20° - 25° se puede utilizar para el desbaste para mejorar la resistencia.

de corte : 2-8 filos de corte, según el diámetro y el ancho de ranura; 2-4 para diámetros pequeños ($D < 15 \text{ mm}$) y 6-8 para diámetros medianos y grandes ($D > 15 \text{ mm}$). Aumentar el número de filos de corte puede mejorar la eficiencia, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El diseño de la cuchilla en forma de T forma una ranura de soporte de carga a través de una estructura de púa (ángulo de 15° - 30°), y la cuchilla está mecanizada por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002 \text{ mm}$) para garantizar un perfil de ranura suave ($Ra \leq 0,05 \text{ micras}$). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio $< 5 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{kg}$, velocidad de prueba 12000 RPM) para reducir la vibración durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005 \text{ mm}$). Los modelos de gama alta están equipados con ranuras laterales para virutas (ancho 0,5-1 mm) o canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1,5 mm, presión 5-15 bar), que mejoran significativamente la eliminación de virutas (eficiencia aumentada en un 20%-30%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), adecuado para el procesamiento continuo de alta carga o el corte de ranuras profundas.

3. Material de fresado de ranura en T de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800°C , adecuado para acero inoxidable y aleaciones de aluminio, vida útil de hasta 70-90 horas.

YW2T: Contiene carburo de tantalio (TaC), dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel, la vida útil puede alcanzar las 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

aluminio HB 50-100) y la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) . Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia térmica.

4. Fabricación de fresas de carburo para ranuras en T

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: Torneado (excentricidad < 0,01 mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($R_a \leq 0,05$ micras), acabado del canto en forma de T con abrasivo de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

5. Parámetros técnicos de la fresa de ranura en T de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-150 m/min para acero, 100-250 m/min para aleación de aluminio, 60-180 m/min para hierro fundido.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-10 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de ancho de ranura <0,005 mm.

Rugosidad superficial: R_a 0,4-1,0 micras.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de ranura en T de carburo

Fabricación de máquinas-herramienta: mecanizado de ranuras en T para mesas de trabajo (ancho 10-15 mm, profundidad 30-50 mm), $R_a < 0,8$ micras.

de moldes : Corte de ranuras de posicionamiento del molde (ancho 5-10 mm), precisión $\pm 0,01$ mm.

Industria del automóvil: Procesamiento de ranuras en T en soportes de motor (profundidad 20-40 mm), $R_a < 0,6$ micras.

Aeroespacial: Mecanizado de ranuras para guías (ancho 8-12 mm) con una precisión de $\pm 0,005$ mm.

7. Precauciones para el uso de fresas de carburo para ranuras en T

Máquinas herramienta: CNC de tres o cinco ejes, concentricidad <0,005 mm, potencia del husillo ≥ 5 kW.

Refrigeración: Fluido de corte a alta presión (10 bar, 15-20 L/min).

Parámetros: Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 2 mm.

Instalación: Coaxialidad <0,002 mm, fuerza de sujeción 30-50 Nm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Desgaste: Reemplazar cuando el desgaste de la cuchilla VB alcance 0,3 mm o la ranura esté deformada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de carburo cementado para ranuras en T, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

GB/T 25992-2010

Dimensiones de la fresa de punta esférica de mango recto de carburo sólido y cerámica

Dimensiones de carburo integral y cerámica

Fresas de punta esférica de mango recto

Prefacio

Esta norma se ha redactado de acuerdo con las disposiciones de GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma se publica por primera vez y especifica las dimensiones, tolerancias y métodos de marcado de las fresas de extremo esférico de mango recto de carburo sólido y cerámica, adecuadas para superficies curvas complejas y procesamiento de contornos tridimensionales. Las principales características técnicas incluyen: series de dimensiones unificadas para fresas de extremo esférico de mango recto, mayor aplicabilidad de materiales cerámicos y equivalencia parcial con la norma ISO 1641:1988.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Las unidades de redacción de esta norma son: la Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd. y el Instituto de Investigación de Metales de Xi'an. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica las dimensiones, tolerancias, tipos y métodos de marcado de las fresas de punta esférica con mango recto de carburo sólido y cerámica.

1.2 Esta norma se aplica al fresado de contornos tridimensionales y al mecanizado de superficies complejas en el corte de materiales metálicos y no metálicos. Los materiales de las herramientas incluyen carburo y cerámica. 1.3 Esta norma no se aplica a las fresas de punta esférica ni a las herramientas con estructuras de mango no rectas.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 1641:1988, Fresas de extremo y brocas para ranurar — Dimensiones

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

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 Fresa de extremo de punta esférica con mango recto de carburo sólido

Una fresa de extremo de mango recto hecha de sinterización de carburo sólido, con una punta esférica en el extremo de corte, utilizada para el procesamiento de contornos tridimensionales.

3.2 Fresa de extremo de punta esférica con mango recto de cerámica Una fresa de extremo de mango recto hecha de material cerámico (como Al_2O_3 o Si_3N_4), con una punta esférica en el extremo de corte, adecuada para corte a alta velocidad.

3.3 Radio de punta esférica El radio de la parte esférica del extremo de corte, que afecta la precisión del procesamiento de la superficie.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: Longitud de corte efectiva (mm)

d: Diámetro del vástago (mm)

R: Radio de punta esférica (mm)

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: cabezal esférico de un solo extremo, hélice a la derecha, 2-4 hojas.

Tipo de mecanizado de desbaste: 2-3 filos de corte, ranuras de viruta más profundas.

Tipo de acabado: número de aristas 4-6, ángulo de hélice 30° - 45° .

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 1 mm a 20 mm.

Longitud total (L): 50 mm a 150 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 60 mm.

Diámetro del vástago (d): 3 mm a 20 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

Radio de nariz (R): 0,5 mm a 10 mm.

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,01$ mm (grado IT6).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

Tolerancia del radio de la punta de bola: $\pm 0,005$ mm.

5.4 Ángulo de hélice

Valor estándar: 30° (rotación hacia la derecha), rango: 15° - 45° .

Recomendado para acabado: 35° - 40° .

5.5 hojas

$D \leq 8$ mm: 2-3 hojas.

$D > 8$ mm: 3-6 hojas.

6 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

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

Carburo cementado: Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) e YT15 (HV 1900-2000).

Cerámica: Óxido de aluminio (Al_2O_3 , HV 2000-2500) o nitruro de silicio (Si_3N_4 , HV 1800-2200).

6.2 Recubrimiento

PVD (TiN , TiCN , espesor 2-5 μm) o CVD ($\text{TiN} + \text{Al}_2\text{O}_3$, espesor 5-10 μm).

Las herramientas de cerámica no requieren recubrimiento.

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70 \text{ N}$.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,1 \mu\text{m}$.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de la dimensión se

realizará de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01 \text{ mm}$. 7.2 El radio de la punta de la bola se medirá utilizando un comprobador de redondez con un error de $\pm 0,005 \text{ mm}$. 7.3 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# (para carburo cementado) o muestras de cerámica de SiC (para cerámica) a una velocidad de corte de 200 m/min (para carburo cementado) o 500 m/min (para cerámica) con una vida útil de $\geq 10 \text{ h}$.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el radio de la punta esférica y la adherencia del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-6 $\times$ 70-R3-30° o Al_2O_3 -10 $\times$ 100-R5) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y cierre la bolsa de plástico (aleación dura), las herramientas de cerámica se protegen con espuma y se colocan en cajas de madera o cartones.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50^\circ\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Radio de la nariz (R, mm)	Número de cuchillas	Ángulo de hélice ($^\circ$)
1	50	10	3	0.5	2	30
6	70	20	6	3	2	30

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

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Radio de la nariz (R, mm)	Número de cuchillas	Ángulo de hélice (°)
12	100	40	12	6	3	35
20	150	60	20	10	6	40

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)	Materiales aplicables
Acero	100-300	0,1-0,3	1-3	carburo cementado
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4	carburo cementado
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5	carburo cementado
Sustrato cerámico	300-800	0,05-0,2	0,5-2	cerámica

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 01/12/2010 Fecha de entrada en vigor: 01/07/2011
Norma nacional n.º: GB/T 25992-2010 Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)
Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

apéndice:

¿Qué es una fresa de punta esférica de vástago recto de carburo sólido?

1. Definición y función de la fresa de punta esférica de mango recto de carburo sólido

La fresa esférica de mango recto de carburo sólido es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para el procesamiento preciso de superficies tridimensionales y el fresado de cavidades complejas. Se utiliza ampliamente en la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz, la producción de dispositivos médicos y el mecanizado de precisión. Su característica principal es la forma esférica del filo de corte, que, combinada con la estructura de conexión del mango recto y el excelente rendimiento de los materiales de carburo sólido, permite lograr un procesamiento de superficies suave, un conformado de contornos de alta precisión y una excelente calidad superficial. La fresa esférica de mango recto de carburo sólido utiliza carburo como base, presenta alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, y es adecuada para cortar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), aleaciones de níquel y aleaciones de aluminio. El diseño de cabeza esférica la hace especialmente adecuada para mecanizar superficies de forma libre, cavidades de molde, álabes de aviación y formas geométricas complejas en máquinas herramienta CNC (CNC) o centros de mecanizado multieje. La precisión de mecanizado puede alcanzar el nivel IT5-IT7, y la rugosidad superficial puede ser tan baja como Ra 0,1-0,6 micras. En comparación con las fresas de extremo de fondo plano tradicionales, esta herramienta tiene mayor flexibilidad (sin marcas angulares) y mejor estabilidad de corte (vibración reducida en un 15%-25%) en el mecanizado tridimensional, y funciona bien en el acabado y el acabado de moldes. Su diseño es altamente flexible, y el radio de la cabeza esférica, el número de dientes y el ángulo de hélice se pueden personalizar según el material de la pieza de trabajo y los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM (como PowerMill, Fusion 360) para optimizar dinámicamente las trayectorias de corte y los parámetros para mejorar la eficiencia del procesamiento y la vida útil de la herramienta.

2. Características estructurales de la fresa de punta esférica de mango recto de carburo sólido

El diseño estructural de las fresas de punta esférica de mango recto de carburo sólido busca un procesamiento superficial preciso, reducción de vibraciones y una eficiente evacuación de viruta. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto (mango cilíndrico, según las normas DIN 6535 HA o HB), una forma de cabeza esférica de la cuchilla y una disposición helicoidal de múltiples dientes para adaptarse al procesamiento tridimensional complejo. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): con un rango de 2 mm a 32 mm, las fresas de microesferas ($D < 6$ mm) se utilizan para grabado fino o microcavidades, las medianas ($D = 6-20$ mm) son adecuadas para el procesamiento general de superficies y las grandes ($D > 20$ mm) se utilizan para cortes de superficies grandes o cavidades profundas.

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

Radio de cabeza esférica (R): 1 mm a 16 mm, en función del diámetro, el microprocesamiento ($R < 3$ mm) es adecuado para un acabado fino, el mediano ($R = 3-10$ mm) se utiliza para cavidades de molde, el grande ($R > 10$ mm) se utiliza para piezas de aviación y la precisión del radio se controla a $\pm 0,005$ mm.

Longitud total (L): 50 mm a 250 mm, adecuado para centros de mecanizado CNC pequeños (50-120 mm) o de tamaño mediano (150-250 mm), extra largo (300 mm) para procesamiento de cavidades profundas o voladizos largos.

Longitud de corte efectiva (l): 5 mm a 150 mm, el procesamiento superficial (5-30 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el procesamiento profundo (80-150 mm) es adecuado para cavidades profundas o corte de varios niveles, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla en 3:1-5:1.

Diámetro del vástago (d): rango de 3 mm a 32 mm, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), asegurando un ajuste perfecto con el mandril o husillo, el diámetro más grande admite transmisión de par medio (rango de par 5-40 Nm).

Ángulo de hélice: 25° - 50° , el valor estándar es 30° - 40° , el diseño de diente helicoidal optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 40° - 45° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie y 25° - 30° se pueden seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia.

de corte : De 2 a 8 filos , según el diámetro y la precisión de mecanizado. Los diámetros pequeños ($D < 10$ mm) tienen de 2 a 4 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 10$ mm) tienen de 6 a 8 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El filo de corte con extremo esférico adopta una cara final esférica (error de radio $< 0,002$ mm) y se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar un perfil de superficie liso ($R_a \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 12000 RPM) para reducir la vibración durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1 mm, presión 5-10 bar) o ranuras antivibración, que mejoran significativamente la eliminación de viruta (eficiencia aumentada en un 20%-30%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 500^{\circ}\text{C}$), adecuados para el procesamiento continuo o el corte de cavidades profundas.

3. Material de fresa de extremo esférico de vástago recto de carburo sólido

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido (como 40CrMnMo) y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 50-70 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800°C , adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, vida útil de hasta 60-80 horas.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YW2T: Contiene carburo de tantalio (TaC), dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para aleaciones a base de níquel y materiales difíciles de procesar, la vida útil puede alcanzar las 70-100 horas.

La selección del material debe considerar la conductividad térmica de la pieza (40-50 W/ m·K para acero y 15-20 W/ m·K para aleación de titanio) y la temperatura de corte (500-800 °C). Algunos modelos añaden trazas de tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la microestructura.

4. Fabricación de fresas esféricas de vástago recto de carburo sólido

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($R_a \leq 0,05$ micras) y acabado del cabezal esférico con abrasivo de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o DLC (1-3 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

5. Parámetros técnicos de la fresa de punta esférica de vástago recto de carburo sólido

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-150 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio, 100-250 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-5 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión del cabezal esférico $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: R_a 0,1-0,6 micras.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de punta esférica de mango recto de carburo sólido

de moldes : Acabado de superficies de moldes (profundidad 20-50 mm), $R_a < 0,4$ micras.

Aeroespacial: Fresado de cuchillas de aleación de titanio (espesor 10-30 mm) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria del automóvil: procesamiento de la superficie de la culata (área 0,1-0,5 m²) , $R_a < 0,3$ micras.

Dispositivos médicos: Procesamiento de cavidades de implantes (profundidad 5-15 mm) con una precisión de $\pm 0,005$ mm.

7. Precauciones para el uso de fresas de punta esférica con vástago recto de carburo sólido

Máquinas herramienta: CNC de tres o cinco ejes, concentricidad $< 0,005$ mm, potencia del husillo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

≥3 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 15 L/min).

Parámetros: Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 1 mm.

Instalación: Coaxialidad <0,002 mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm.

Desgaste: Reemplace la cabeza esférica cuando el desgaste de VB alcance 0,3 mm o la superficie esté rayada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química, militar y otros. Si necesita fresas de extremo esférico de carburo sólido con vástago recto, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

GB/T 16770.1-2008

Fresas de extremo de mango recto de carburo sólido

Parte 1: Tipos y dimensiones

Fresas de extremo de mango recto de carburo integral

— Parte 1: Tipos y dimensiones

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 16770.1-1997 "Fresas de extremo de mango recto de carburo sólido, Parte 1: Tipos y dimensiones". En comparación con la norma GB/T 16770.1-1997, los principales cambios técnicos incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas de extremo de mango recto, la adición de instrucciones sobre la aplicabilidad del recubrimiento, el ajuste del ángulo de hélice y el número de filos, y su equivalencia con la norma ISO 1641.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de redacción de esta norma: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Principales redactores de esta norma:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia y método de marcado de las fresas de extremo de carburo sólido con mango recto.

1.2 Esta norma se aplica al fresado de ranuras, fresado lateral y fresado de contornos en el mecanizado de metales. El material de la herramienta es carburo sólido y cumple con la norma GB/T 2072-2006.

1.3 Esta norma no se aplica a las fresas de extremo que no tienen estructuras de mango recto ni están hechas de carburo sólido.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, *Directrices para el trabajo de normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción de normas*

GB/T 2072-2006, *Requisitos técnicos para carburo cementado*

GB/T 1800.1-2009, *Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste*

ISO 1641:1988, *Fresas de extremo y brocas para ranurar — Dimensiones*

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 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 Las fresas de extremo de mango recto de carburo sólido

son fresas de extremo de mango recto hechas de carburo sólido, con la parte de corte y el mango como uno solo, utilizadas para cortar metal.

3.2 Ángulo de hélice El ángulo del

filo de corte con respecto al eje de la herramienta afecta la descarga de viruta y el rendimiento de

corte. 3.3 Número de filos de corte El número de filos de corte de una herramienta determina la eficiencia de corte y la calidad de la superficie.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: longitud de corte efectiva (mm)

d: Diámetro del vástago (mm)

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: dientes helicoidales de un solo extremo, de lado derecho o izquierdo, 2-4 dientes.

Tipo de mecanizado desbastado: aumenta la profundidad de la ranura de la viruta y el número de bordes es de 2 a 3.

Tipo de acabado: número de aristas 4-6, ángulo de hélice 30°-45°.

Tipo de cabezal esférico: se utiliza para el procesamiento de superficies complejas, con 2-4 filos de corte.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 1 mm a 25 mm.

Longitud total (L): 50 mm a 150 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 70 mm.

Diámetro del vástago (d): 3 mm a 25 mm, de acuerdo con la tolerancia h6 (GB/T 1800.1-2009).

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,01$ mm (grado IT6).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia del diámetro del vástago: h6 (0/-0,006 mm).

5.4 Ángulo de hélice

Valor estándar: 30° (rotación hacia la derecha), rango: 15°-45°.

Recomendado para acabado: 35°-40°.

5.5 hojas

$D \leq 10$ mm: 2-3 hojas.

$D > 10$ mm: 3-6 hojas.

6 Requisitos técnicos

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 Materiales

De acuerdo con GB/T 2072-2006, los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) y YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN , TiCN , espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al₂O₃ , espesor 5-10 μm) .

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70 \text{ N}$.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,1 \mu\text{m}$.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de la dimensión se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01 \text{ mm}$. 7.2 La medición del ángulo de hélice se realizará utilizando un instrumento de medición de ángulos con un error de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# a una velocidad de corte de 200 m/min y una vida útil de registro de $\geq 15 \text{ h}$.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el ángulo de hélice y la adhesión del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-6 $\times$ 60-30°) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera o cartón.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50^\circ\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Número de cuchillas	Ángulo de hélice ($^\circ$)
1	50	10	3	2	30
6	70	20	6	2	30
12	100	40	12	3	35

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

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Diámetro del vástago (d, mm)	Número de cuchillas	Ángulo de hélice (°)
25	150	70	25	6	40

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-300	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 10/10/2008

Fecha de implementación: 01-01-2009

Norma nacional n.º: GB/T 16770.1-2008

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

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

apéndice:

fresa de extremo recto de carburo sólido ?

1. Definición y función de la broca escalonada de carburo

La broca escalonada de carburo es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de agujeros escalonados o de varios niveles. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria automotriz, la industria aeroespacial, la fabricación de equipos de energía y la producción de piezas de maquinaria de precisión. Su característica principal es que la hoja adopta un diseño escalonado o de múltiples diámetros. Combinado con el excelente rendimiento del material de carburo en general, puede completar el procesamiento de agujeros o secciones de transición de diferentes diámetros en una sola perforación, reduciendo significativamente el proceso y el tiempo de procesamiento. La broca escalonada de carburo utiliza carburo como base, tiene alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, y es adecuada para taladrar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleación a base de níquel, hierro fundido y aleación de aluminio. La geometría única de la hoja de la broca escalonada (que suele incluir de 2 a 5 niveles de diámetro) optimiza la fuerza de corte y la evacuación de viruta, y es ideal para máquinas herramienta CNC (CNC), taladradoras, centros de mecanizado o equipos multieje especiales. Permite procesar eficientemente agujeros escalonados, avellanados, biselados y de transición, con una precisión de mecanizado de IT6-IT8 y una rugosidad superficial de Ra 0,4-1,2 micras. En comparación con el taladrado escalonado tradicional o el procesamiento multiherramienta, las brocas escalonadas de carburo mejoran significativamente la eficiencia de procesamiento (un 40-60%), la consistencia del diámetro del agujero (error <0,01 mm), la vida útil de la herramienta (50-120 horas) y la calidad superficial de la pieza (localmente hasta Ra 0,2 micras), y ofrecen un excelente rendimiento en entornos que requieren agujeros de conexión, ensamblaje o funcionales de alta precisión. Su diseño es extremadamente flexible, y el tamaño, el ángulo y el sistema de refrigeración de la hoja se pueden personalizar según la combinación de diámetros del agujero, la profundidad, el material de la pieza y el entorno de procesamiento. Con el avance de las tecnologías de fabricación inteligente (como la Industria 4.0 y los talleres digitales), esta herramienta se integra a la perfección con software CAD/CAM avanzado (como Siemens NX y Mastercam). Mediante la retroalimentación de datos en tiempo real y la optimización de algoritmos, la trayectoria de taladrado, la velocidad y el avance se ajustan dinámicamente para adaptarse a las propiedades mecánicas y la conductividad térmica de los diferentes materiales de la pieza.

2. Características estructurales de las brocas escalonadas de carburo

El diseño estructural de las brocas escalonadas de carburo busca lograr un taladrado eficiente en varias etapas, una excelente evacuación de la viruta y resistencia a las vibraciones. Suelen adoptar una estructura de mango recto (según la norma DIN 6535 HA/HB) o cónico (BT40, CAT50), con una disposición escalonada de múltiples filos en la hoja, combinada con capacidad de corte axial para adaptarse al procesamiento de agujeros complejos. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

optimización funcional:

Diámetro (D) : con un rango de 3 mm a 40 mm, las brocas micro escalonadas ($D < 6$ mm) se utilizan para el procesamiento de microagujeros (como orificios de componentes electrónicos), las de tamaño mediano ($D = 6-20$ mm) son adecuadas para orificios escalonados generales (como piezas de automóviles), las grandes ($D > 20$ mm) se utilizan para perforaciones de alta resistencia (como cuerpos de válvulas hidráulicas) y las combinaciones de diámetro de paso se pueden personalizar (como 3-5 mm, 10-15 mm, 20-25 mm).

Tipo de vástago : recto (vástago plano DIN 6535 HA o HB sin vástago) o cónico (BT40, CAT50), el diámetro del vástago coincide con el diámetro máximo de corte, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), longitud del vástago (40-200 mm) personalizada según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina, el diseño del vástago cónico mejora la transmisión de alto torque (rango de torque 20-80 Nm).

Longitud total (L) : 60 mm a 350 mm, adecuado para CNC pequeños (60-150 mm), centros de mecanizado de tamaño mediano (200-300 mm) o equipos pesados (300-350 mm), extra largo (400 mm) para taladrado de orificios profundos (profundidad hasta 15D).

Longitud de corte efectiva (l) : 15 mm a 250 mm, la perforación superficial (15-60 mm) es adecuada para agujeros escalonados superficiales, la perforación profunda (150-250 mm) es adecuada para perforaciones escalonadas profundas o de varios niveles, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro máximo generalmente se controla entre 3:1 y 10:1.

Ángulo de hélice : 20° - 40° , el valor estándar es 25° - 35° , el diseño en espiral optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 30° - 35° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la pared del orificio, 20° - 25° se puede seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia, algunos modelos personalizados admiten un ángulo de hélice gradual (10° - 35°) para adaptarse al corte de orificios profundos.

Número de filos de corte : De 2 a 8 filos, según el diámetro y el número de pasos. El diseño estándar es de doble filo (2 filos). Cada paso adicional puede aumentar de 1 a 2 filos. Para diámetros medianos y grandes ($D > 10$ mm), se pueden alcanzar de 4 a 8 filos para mejorar la eficiencia de corte. El error de espaciado entre filos $< 0,02$ mm garantiza una fuerza de corte uniforme.

El filo escalonado adopta una transición de diámetro de varios niveles (la diferencia de diámetro de cada nivel es de 0,5-5 mm, el ángulo de transición es de 5° - 15°) y se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar que el contorno de cada paso sea suave ($Ra \leq 0,05$ micras) y libre de defectos microscópicos. El cuerpo de la broca está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, velocidad de prueba 12000 RPM) para reducir la vibración durante la perforación a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con orificios de refrigeración internos (diámetro 0,3-1,5 mm, presión 5-15 bar) o ranuras laterales para virutas (ancho 0,5-1 mm), que mejoran significativamente la eliminación de virutas (eficiencia aumentada en un 20%-30%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 500^{\circ}\text{C}$), adecuado para la perforación de agujeros profundos de varios niveles o el procesamiento de material pegajoso. Algunos modelos también introducen tecnología antivibración, como ranuras amortiguadoras de vibraciones o vástagos compuestos, para reducir el ruido de corte (hasta 60-65 dB) y reducir la microdeformación de la pieza de trabajo (deformación

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<0,01 mm).

3. Material de broca escalonada de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6 X : El contenido de cobalto es del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT 15 : Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 70-100 horas.

K 30 : Contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil de hasta 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-800 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia térmica, la resistencia a la oxidación y la uniformidad microestructural.

4. Fabricación de brocas escalonadas de carburo

El proceso de fabricación de brocas escalonadas de carburo es altamente sofisticado y tecnológico, e incluye múltiples pasos clave, desde la preparación de la materia prima hasta el recubrimiento final, para garantizar la precisión geométrica, la durabilidad y la estabilidad del rendimiento de la herramienta. A continuación, se detalla el proceso de fabricación, incluyendo detalles adicionales, parámetros técnicos y medidas de control de calidad:

Preparación de materia prima

Relación de materiales

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según la marca (6%-12%), se agrega carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar la resistencia al desgaste y la antiadhesión, y el tamaño de partícula se controla entre 0,5 y 2 micrones.

Proceso de mezcla

Utilice un molino de bolas planetario (50-100 RPM, 24-48 horas) para la mezcla húmeda, agregando etanol o isopropanol como dispersante para asegurar la homogeneidad del polvo (segregación <1%) y evitar diferencias locales de dureza o resistencia.

Inspección de calidad

La distribución del tamaño de partículas de polvo se detectó mediante un analizador de tamaño de partículas láser y la composición química se analizó mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), con una desviación controlada dentro de $\pm 0,05\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Prensado

Parámetros del proceso

La pieza bruta del cuerpo de la herramienta se forma aplicando una presión de 150-200 MPa mediante una prensa hidráulica, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³. Se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad interna y la resistencia a las grietas.

Diseño de moldes

El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55), con una precisión controlada de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte por láser y mecanizado por electrochispa para garantizar la precisión del conformado del borde del escalón.

Control de calidad

La densidad de los espacios en blanco se midió mediante el método de Arquímedes (error < 0,1 g/cm³) y la porosidad interna se verificó mediante microscopía (< 0,5%).

Sinterización a alta temperatura

Condiciones del proceso

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en un entorno de protección de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10 a 12 horas. Mediante calentamiento gradual (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento), se eliminan los volátiles y los poros para formar una estructura altamente densa.

Optimización de procesos

Se utilizan tecnologías de sinterización isotérmica y prensado isostático en caliente (HIP, presión 100-150 MPa) para eliminar aún más los microdefectos, controlar el tamaño del grano a 1-2 micrones y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar <50 HV).

Inspección de calidad

La microestructura se analizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), la dureza se probó con un durómetro Vickers (HV 1800-2200) y las grietas internas se detectaron mediante ondas ultrasónicas.

Posprocesamiento

Torneado

El torneado exterior se realiza utilizando herramientas CBN con precisión de concentricidad <0,01 mm y rugosidad superficial $Ra \leq 0,2$ micras.

Molienda

Para procesar el borde escalonado y la ranura en espiral se utiliza una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm), con un error de perfil de cuchilla de <0,005 mm y una superficie $Ra \leq 0,05$ micrones.

pulido

El abrasivo de diamante con grano W0.5-W1.0 se utiliza para el pulido de espejos, con un Ra de filo $\leq 0,02$ micras. Algunos modelos se pulen electrolíticamente (densidad de corriente 0,1-0,2 A/cm², pH del electrolito 2-3) para eliminar rebabas microscópicas.

Tratamiento de bordes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La punta de la broca está biselada (0,1-0,2 mm, ángulo de 5°-10°) para mejorar la resistencia al astillado del borde, y la geometría del filo de corte está calibrada mediante un interferómetro láser.

Revestimiento

Tecnología de procesos

utilizando un proceso de deposición física de vapor (PVD) en un entorno de vacío (presión 10^{-3} Pa, temperatura 400-500°C, velocidad de deposición 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$).

Tipo de recubrimiento

Las opciones incluyen TiAlN (espesor de 3-8 micrones , dureza de 2800-3200 HV), AlCrN (espesor de 3-7 micrones , dureza de 3000-3400 HV) o DLC (espesor de 1-3 micrones , dureza de 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $<0,1$), que reducen el coeficiente de fricción ($<0,3$) y extienden significativamente la vida útil (30%-50% más que sin recubrimiento).

Inspección de calidad

utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM), y la dureza y la adhesión se probaron utilizando un nanoindentador (>70 N), asegurando que la desviación del espesor del recubrimiento fuera $<0,5 \mu\text{m}$.

Pruebas finales y embalaje

Pruebas de rendimiento

Se utilizó una máquina de medición de coordenadas (CMM) para detectar el diámetro y la precisión del paso ($<0,01$ mm), y se utilizó una máquina de prueba de equilibrio dinámico para corregir el desequilibrio (<5 g·mm /kg).

Tratamiento de superficies

El cuerpo del cortador está recubierto con aceite antioxidante o envasado al vacío para evitar la oxidación durante el transporte y el almacenamiento.

Logo

Grabado láser con diámetro, longitud, grado y número de lote para garantizar la trazabilidad.

Cada paso del proceso de fabricación utiliza líneas de producción automatizadas y sistemas de monitorización en tiempo real (como el Internet Industrial de las Cosas, IoT). Mediante el análisis de datos, se optimizan los parámetros del proceso para reducir la tasa de desperdicios ($<0,5\%$), garantizar la consistencia del rendimiento de cada broca escalonada y cumplir con los requisitos del sistema de gestión de calidad ISO 9001.

5. Parámetros técnicos de la broca escalonada de carburo

Dureza : sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor : 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc) : 50-150 m/min para acero, 30-100 m/min para aleación de titanio, 100-250 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz) : 0,01-0,15 mm/rev.

Profundidad de perforación (L/D) : 3:1 a 10:1 (estándar), los orificios escalonados profundos pueden alcanzar 15:1 (se requiere soporte de enfriamiento).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tolerancia : diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de paso $< 0,01$ mm.

Rugosidad superficial : Ra 0,4-1,2 micras.

6. Escenarios de aplicación de las brocas escalonadas de carburo

Las brocas escalonadas de carburo se utilizan ampliamente en diversos sectores industriales gracias a su capacidad de taladrado multietapa y su alta precisión. A continuación, se presenta una descripción detallada de la situación, con casos específicos, datos técnicos y antecedentes del sector:

Fabricación de moldes

Aplicación : Perforación de agujeros avellanados, perforación de agujeros y perforación de agujeros de refrigeración en moldes. Las combinaciones de diámetros habituales son de 5-8 mm y 10-12 mm, con profundidades de 20-60 mm.

Caso práctico : Una fábrica de moldes de precisión utiliza una broca escalonada de 6-10 mm de diámetro para procesar los orificios de posicionamiento de moldes de estampación de automóviles. La velocidad de corte es de 120 m/min, el avance es de 0,05 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento es de $\pm 0,008$ mm, la superficie Ra es de 0,6 micras, la vida útil de la herramienta es de 80 horas y la producción anual de moldes es de 2000 juegos, con una mejora de la eficiencia del 50 %.

Características técnicas : Requiere alto acabado y precisión, requiere soporte de sistema de enfriamiento interno, adecuado para moldes complejos de múltiples cavidades.

industria automotriz

Aplicación : Mecanizado de orificios escalonados en culatas de motores, cárteres y carcasas de cajas de cambios. Las combinaciones de diámetros habituales son de 10-15 mm y 20-25 mm, con profundidades de 30-80 mm.

Caso : Un proveedor de piezas de automoción utiliza una broca escalonada de 12-18 mm de diámetro para perforar orificios de refrigeración de culatas, con una velocidad de corte de 100 m/min y un avance de 0,04 mm/rev. La coaxialidad del escalón tras el procesamiento es $< 0,01$ mm, la Ra es de 0,8 micras y la vida útil de la herramienta es de 70 horas. La producción anual de 500.000 bloques de cilindros reduce el tiempo de proceso en un 30 %.

Antecedentes de la industria : con la creciente demanda de componentes livianos en vehículos de nueva energía, la demanda de procesamiento de orificios escalonados de aleaciones de aluminio y aleaciones de magnesio ha aumentado, y los recubrimientos antiadherentes (como DLC) para orificios escalonados se han vuelto clave.

Aeroespacial

Aplicación : Perforación de orificios escalonados en fuselajes, largueros de alas y trenes de aterrizaje de aleación de titanio o acero de alta resistencia. Las combinaciones habituales de diámetros son de 6-10 mm y de 12-16 mm, con profundidades de 40-120 mm.

Caso : Una empresa de aviación utilizó una broca escalonada de 8-12 mm de diámetro para procesar orificios de puntales de tren de aterrizaje de aleación de titanio. La velocidad de corte fue de 60 m/min, el avance fue de 0,03 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

procesamiento fue de $\pm 0,005$ mm, el Ra fue de 0,5 micras, la vida útil de la herramienta fue de 90 horas y la tasa de calificación fue del 99,9 %, cumpliendo con la norma de aviación AS9100.

Características técnicas : Se requiere alta precisión y resistencia al calor, la presión del sistema de enfriamiento interno debe ser superior a 15 bar, adecuado para orificios de pasos profundos.

Fabricación de equipos energéticos

Aplicación : Orificios profundos escalonados en ejes de turbinas, cuerpos de bombas y cuerpos de válvulas. Las combinaciones de diámetros habituales son de 15-20 mm y de 25-30 mm, con profundidades de 100-300 mm.

Caso : Una empresa de equipos de energía utiliza una broca escalonada de 20-25 mm de diámetro para perforar orificios en el cuerpo de una bomba hidráulica, con una velocidad de corte de 80 m/min, una velocidad de avance de 0,06 mm/rev, un error de profundidad de paso de $< 0,015$ mm después del procesamiento, Ra 1,0 micrón, una vida útil de la herramienta de 100 horas, una producción anual de 5000 cuerpos de bomba y una mejora de la eficiencia del 40 %.

Antecedentes de la industria : Con la creciente demanda de equipos de energía eólica y nuclear, los requisitos de precisión de mecanizado y calidad de superficie para orificios escalonados profundos están aumentando, y el diseño resistente a las vibraciones de las brocas escalonadas es particularmente importante.

Dispositivos médicos

Aplicación : Perforación de orificios de posicionamiento escalonados para implantes ortopédicos o instrumentos quirúrgicos, las combinaciones de diámetro comunes son 2-4 mm y 5-7 mm, y profundidades de 10-30 mm.

Caso : Un fabricante de dispositivos médicos utilizó una broca escalonada de 3-5 mm de diámetro para procesar orificios de implantes de cadera de aleación de titanio. La velocidad de corte fue de 50 m/min, el avance fue de 0,02 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento fue de $\pm 0,003$ mm, el Ra fue de 0,4 micras y la vida útil de la herramienta fue de 60 horas, cumpliendo con las normas médicas de la FDA.

Características técnicas : Requiere una precisión y biocompatibilidad extremadamente altas, y a menudo se utiliza un recubrimiento de TiAlN para reducir la contaminación por metales.

Industria electrónica

Aplicación : Procesamiento de orificios de montaje escalonados en carcasas electrónicas o disipadores de calor. Las combinaciones de diámetros habituales son de 4-6 mm y de 8-10 mm, con profundidades de 15-40 mm.

Caso : Un fabricante de equipos electrónicos utiliza una broca escalonada de 5-8 mm de diámetro para procesar orificios de chasis de aleación de aluminio, con una velocidad de corte de 150 m/min, una velocidad de avance de 0,05 mm/rev, una planitud de paso de $< 0,01$ mm después del procesamiento, Ra 0,7 micrones, una vida útil de la herramienta de 90 horas, una producción anual de 1 millón de carcasas y una mejora de la eficiencia del 45 %.

Antecedentes de la industria : Los dispositivos 5G y la electrónica de consumo han aumentado la demanda de taladros escalonados de aleación de aluminio livianos, y el rendimiento antiadherente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de los taladros escalonados es crucial.

Estos escenarios de aplicación demuestran la versatilidad de las brocas escalonadas de carburo en diferentes industrias. Su diseño personalizado y su alta eficiencia las convierten en una herramienta indispensable en la fabricación moderna, especialmente en la producción a gran escala y de alta precisión.

Precauciones para el uso de brocas escalonadas de carburo

Máquina herramienta : CNC de tres o cinco ejes, descentramiento $<0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW, se recomienda utilizar un husillo de alta rigidez (rigidez de la guía >3000 N / μ m) .

Refrigeración : Fluido de corte a alta presión (10 bar, 15-20 L/min) o sistema de refrigeración interno (presión 5-15 bar). Los materiales viscosos (como el acero inoxidable) requieren una refrigeración mejorada (aumento del caudal a 25 L/min).

Parámetros : Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/rev, profundidad de perforación segmentada (5D por segmento), velocidad de avance reducida a la mitad en el segmento de transición de paso para reducir la vibración.

Instalación : Coaxialidad $<0,002$ mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm (vástago recto) o 40-60 Nm (vástago cónico), limpie el mandril de virutas residuales y aceite antes de la instalación.

Desgaste : Reemplace la cuchilla cuando el desgaste VB alcance 0,3 mm, presente deformación escalonada (error $>0,01$ mm) o arañazos en la pared del orificio. Se recomienda revisarla cada 20 horas y registrar los datos de desgaste para optimizar su vida útil.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita brocas escalonadas de carburo cementado , le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

GB/T 16456.3-2008

Fresa de extremo de dientes espirales de carburo

Tipos y dimensiones de fresas con vástago cónico Morse

Fresas de extremo espiral de carburo

— Parte 3: Fresas de extremo con vástago cónico Morse

— Tipos y dimensiones

Prefacio

Esta norma se ha redactado de acuerdo con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la normalización, parte 1: Estructura y reglas de redacción de normas". En comparación con la norma GB/T 16456.3-1996 "Fresas de extremo de dientes helicoidales de carburo, parte 3: Tipos y dimensiones de las fresas de extremo de mango cónico Morse", los principales cambios técnicos de esta norma incluyen la actualización del rango de tamaño y los requisitos de tolerancia de las fresas de extremo de mango cónico Morse, la adición de instrucciones sobre la aplicabilidad del recubrimiento, el ajuste de las especificaciones de diseño del ángulo de hélice y el número de filos de corte, y su equivalencia con la norma ISO 296:1991.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Las unidades de redacción de esta norma son: la Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd. y el Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Los principales redactores de esta norma son: Li XX, Wang XX y Zhang XX.

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia y método de marcado de las fresas de extremo de carburo cementado con dientes helicoidales y mango con cono Morse. 1.2 Esta norma se aplica al fresado de ranuras, fresado lateral y fresado de perfiles en el mecanizado de metales. El material de la herramienta es carburo cementado y cumple con la norma GB/T 2072-2006.

1.3 Esta norma no se aplica a las fresas de extremo de dientes no helicoidales ni a las herramientas con mangos sin cono Morse.

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia

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 ajuste

ISO 296:1991, Máquinas herramienta — Conos autosujetables para mangos de herramientas

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 Fresa de extremo con vástago cónico Morse: Una fresa de extremo de dientes helicoidales con un cono Morse. El vástago cónico se utiliza para conectar al orificio del cono Morse del husillo de la máquina herramienta.

3.2 Ángulo de hélice: El ángulo del

filo de corte con respecto al eje de la herramienta, que afecta la evacuación de viruta y el rendimiento de corte.

3.3 Número de filos de corte: El número de filos de corte de una herramienta, que determina la eficiencia de corte y la calidad superficial.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: longitud de corte efectiva (mm)

MT: Número de cono Morse (p. ej. , MT2, MT3)

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: dientes helicoidales de un solo extremo, de lado derecho o izquierdo, 2-4 dientes.

Tipo de mecanizado desbastado: aumenta la profundidad de la ranura de la viruta y el número de bordes es de 2 a 3.

Tipo de acabado: número de aristas 4-6, ángulo de hélice 30°-45°.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 8 mm a 40 mm.

Longitud total (L): 100 mm a 250 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 20 mm a 100 mm.

de cono Morse : MT2, MT3, MT4, MT5 (de acuerdo con ISO 296:1991).

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,02$ mm (grado IT6, GB/T 1800.1-2009).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,5$ mm.

Tolerancia de conicidad: $\pm 0,01$ mm/100 mm.

5.4 Ángulo de hélice

Valor estándar: 30° (rotación hacia la derecha), rango: 15°-45°.

Recomendado para acabado: 35°-40°.

5.5 hojas

$D \leq 16$ mm: 2-3 hojas.

$D > 16$ mm: 3-6 hojas.

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 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

De acuerdo con GB/T 2072-2006, los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) y YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN , TiCN , espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al₂O₃ , espesor 5-10 μm) .

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70\text{ N}$.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2\text{ }\mu\text{m}$.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de la dimensión se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01\text{ mm}$.

7.2 La medición del ángulo de hélice se realizará utilizando un instrumento de medición de ángulos con un error de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# a una velocidad de corte de 200 m/min y una vida útil de registro de $\geq 10\text{ h}$.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el ángulo de hélice y la adhesión del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-16 $\times$ 150-MT3-30°) cumplen con GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50\text{ }^\circ\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Número de cono Morse	Número de cuchillas	Ángulo de hélice ($^\circ$)
8	100	20	MT2	2	30
16	150	40	MT3	3	30
25	200	70	MT4	4	35

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

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Número de cono Morse	Número de cuchillas	Ángulo de hélice (°)
40	250	100	MT5	6	40

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-300	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 10/10/2008

Fecha de implementación: 01-01-2009

Norma nacional n.º: GB/T 16456.3-2008

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión de simulación basada en la estructura de la norma GB/T 16456.3-2008 y la práctica industrial de fresas de extremo de carburo cementado con dientes espirales. Dado que el texto oficial completo no está disponible, este artículo asume algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se refiere al contenido de la norma GB/T 16456.2-2008 y la norma ISO 296:1991. Estas suposiciones pretenden mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma GB/T 16456.3-2008 para garantizar su integridad y precisión.

apéndice:

¿Qué es una fresa de dientes helicoidales de carburo ?

Definición y función de la fresa de extremo de dientes espirales de carburo

La fresa de extremo de carburo con dientes helicoidales es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un fresado eficiente y preciso. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz y la producción de piezas mecánicas. Su característica principal es el uso de dientes helicoidales (es decir, un filo de corte inclinado), combinado con el excelente rendimiento del material de carburo en general, para lograr un corte suave, optimizar la descarga de viruta y mejorar la precisión del procesamiento. La fresa de extremo de carburo con dientes helicoidales está basada en carburo, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, adecuada para cortar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel y aleaciones de aluminio. El diseño de diente helicoidal reduce el impacto de la fuerza de corte y la vibración

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

(reducción de amplitud del 20%-30%) a través del filo de corte inclinado (generalmente un ángulo de hélice de 20°-45°) y mejora el flujo de viruta, lo que es ampliamente adecuado para máquinas herramienta CNC (CNC), centros de mecanizado o fresadoras manuales. La herramienta puede completar eficientemente el fresado lateral, el fresado de ranuras, el procesamiento de cavidades y el fresado de contornos, con una calidad de superficie de Ra 0,2-0,8 micras y una precisión de tolerancia de IT5-IT7. Es particularmente adecuada para el procesamiento de piezas de trabajo de tamaño mediano y geometrías complejas. En comparación con las fresas de extremo de diente recto tradicionales, las fresas de extremo de diente helicoidal reducen significativamente el ruido de corte (hasta 65-70 dB), el desgaste de la herramienta (aumento de la vida útil en un 15%-25%) y la microdeformación de la pieza de trabajo (<0,01 mm), y funcionan bien en la producción y el acabado de alta eficiencia. Ofrece una gran flexibilidad de diseño y permite personalizar el número de dientes, el ángulo de hélice y la geometría de la cuchilla según el material de la pieza y los requisitos de procesamiento. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta puede integrarse con software CAM para optimizar dinámicamente las trayectorias y los parámetros de corte.

2. Características estructurales de las fresas de extremo de dientes espirales de carburo

Las fresas de carburo con dientes helicoidales buscan mejorar la eficiencia de corte, reducir la vibración y proporcionar una excelente evacuación de viruta. Suelen adoptar una estructura de mango recto o cónico, con una disposición helicoidal de múltiples dientes en el filo de corte, que combina capacidades de corte radial y axial para satisfacer las necesidades de procesamiento multidireccional. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): Con un rango de 3 mm a 40 mm, las fresas micro ($D < 6$ mm) se utilizan para procesamiento fino o microcavidades, las medianas ($D = 6-20$ mm) son adecuadas para fresado general y las grandes ($D > 20$ mm) se utilizan para procesamiento de áreas grandes o corte de ranuras profundas.

de vástago : recto (DIN 6535 HA/HB) o cónico (Morse MT2-MT4, SK40-SK50), el diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, clase de tolerancia h6 (0/-0,006 mm), lo que garantiza un ajuste firme en el mandril o husillo, el diámetro máximo admite una transmisión de par alto (rango de par 10-50 Nm).

Longitud total (L): 50 mm a 300 mm, adecuado para centros de mecanizado CNC pequeños (50-150 mm) o de trabajo pesado (200-300 mm), extra largo (350 mm) para procesamiento de cavidades profundas o voladizos largos.

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 200 mm, el procesamiento superficial (10-50 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el procesamiento profundo (100-200 mm) es adecuado para cavidades profundas o corte de múltiples etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla en 3:1-5:1.

Ángulo de hélice: 20°-50°, el valor estándar es 25°-40°. El diseño del ángulo de hélice optimiza la descarga de viruta y reduce la vibración. 40°-45° se utiliza comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie, y 20°-25° se puede utilizar para el desbaste para aumentar la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

resistencia. Algunos modelos personalizados admiten un ángulo de hélice gradual (10° - 40°) para adaptarse al corte de agujeros profundos.

de corte : De 2 a 10 filos , según el diámetro y la precisión del mecanizado. Los diámetros pequeños ($D < 10$ mm) tienen de 2 a 4 filos, mientras que los diámetros medianos y grandes ($D > 10$ mm) tienen de 6 a 10 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El diseño de diente helicoidal reduce la concentración de fuerza de corte (tasa de dispersión de fuerza de 20%-30%) al inclinar el filo (ángulo 5° - 10°), y la cuchilla está mecanizada por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para asegurar un perfil suave ($R_a \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, probado a 15.000 RPM) para reducir la vibración durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1,5 mm, presión 5-15 bar) o ranuras antivibración, que mejoran significativamente la evacuación de viruta (eficiencia aumentada en un 20%-30%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), adecuada para el procesamiento continuo de alta carga o el corte de ranuras profundas.

3. Material de fresa de extremo de diente espiral de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: El contenido de cobalto es del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido (como 40Cr) y hierro fundido, con excelente resistencia al desgaste y vida útil de corte de hasta 50-70 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800°C , adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, vida útil de hasta 60-80 horas.

YW2T: Contiene carburo de tantalio (TaC), dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para aleaciones a base de níquel y materiales difíciles de procesar, la vida útil puede alcanzar las 70-100 horas.

La selección del material debe considerar la conductividad térmica de la pieza (40-50 W/ m·K para acero y 15-20 W/ m·K para aleación de titanio) y la temperatura de corte (500 - 800°C). Algunos modelos añaden trazas de tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la microestructura.

Fabricación de fresas de carburo con dientes espirales

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C - 1600°C , 10-12 horas,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($Ra \leq 0,05$ micras), acabado del filo con abrasivo de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

Parámetros técnicos de las fresas de extremo de dientes espirales de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (V_c): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio, 100-300 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-5 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de contorno $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,2-0,8 micras.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de extremo de dientes espirales de carburo

de moldes : Acabado del lateral del molde (profundidad 20-50 mm), $Ra < 0,4$ micras.

Aeroespacial: Fresado de marcos de aleación de titanio (espesor 10-30 mm) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria automotriz: Mecanizado de ranuras de cigüeñal (ancho 10-20 mm), $Ra < 0,6$ micras.

Piezas mecánicas: Procesamiento de ranuras de engranajes (profundidad 15-40 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

7. Precauciones para el uso de fresas de carburo con dientes espirales

Máquinas herramienta: CNC de tres o cinco ejes, concentricidad $< 0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 15 L/min).

Parámetros: V_c 150 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 1 mm.

Instalación: Coaxialidad $< 0,002$ mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm.

Reemplace cuando el desgaste de la cuchilla VB alcance 0,3 mm o se produzca astillamiento de la cuchilla.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de extremo de carburo cementado con dientes espirales, ¡estamos encantados de ofrecerle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@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



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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

apéndice:

fresa de extremo cónico Morse de carburo ?

Definición y función de la fresa de extremo de vástago cónico Morse de carburo cementado

La fresa de extremo de carburo con vástago cónico Morse es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un fresado eficiente y preciso. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz y la producción de piezas de maquinaria pesada. Su característica principal es la estructura de conexión con cono Morse (MT), combinada con el excelente rendimiento del carburo, lo que permite lograr una conexión de alta rigidez, un corte suave y una excelente precisión de procesamiento. La fresa de extremo de carburo con vástago cónico Morse utiliza carburo como base, presenta alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, y es adecuada para cortar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel y fundición. El diseño del vástago cónico Morse (generalmente de acuerdo con los estándares MT2, MT3 o MT4) mejora la rigidez de la herramienta y el husillo de la máquina herramienta a través de una conexión cónica (1:10 o 1:20) (la fuerza de sujeción puede alcanzar 8000-12000 N), lo que es particularmente adecuado para cortes de carga pesada, procesamiento de cavidades profundas y condiciones de corte intermitente.

Esta herramienta se utiliza ampliamente en máquinas herramienta CNC (CNC), centros de mecanizado o fresadoras de alta resistencia. Puede completar eficientemente el fresado lateral, el fresado de ranuras, el procesamiento de cavidades y el fresado de contornos, con una precisión de mecanizado de hasta IT5-IT7 y una calidad de superficie de Ra 0,2-0,8 micras. En comparación con las fresas de extremo de mango recto, las fresas de extremo de mango cónico Morse mejoran significativamente la estabilidad de corte (reducción de la vibración del 20%-30%) y la resistencia al par (rango de par de 20-60 Nm), y funcionan bien en piezas de trabajo grandes y procesamiento de alta resistencia. Tiene una alta flexibilidad de diseño, y el número de dientes, el ángulo de hélice y la geometría de la cuchilla se pueden personalizar según el material de la pieza de trabajo y los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con el software CAM para optimizar dinámicamente las trayectorias de corte y los parámetros.

Características estructurales de la fresa de extremo de vástago cónico Morse de carburo cementado

Las fresas de extremo con mango cónico Morse de carburo cementado buscan una alta rigidez de corte, reducción de vibraciones y una eficiente evacuación de viruta. Generalmente, adoptan una estructura de mango cónico Morse (MT2-MT4), con dientes espirales o rectos de múltiples dientes en el filo de corte, combinada con capacidades de corte radial y axial para satisfacer requisitos de procesamiento complejos. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diámetro (D) : con un rango de 6 mm a 50 mm, las fresas micro ($D < 10$ mm) se utilizan para mecanizado fino, las medianas ($D = 10-30$ mm) son adecuadas para fresado general y las grandes ($D > 30$ mm) se utilizan para cortes pesados o mecanizado de áreas grandes.

Especificaciones del vástago cónico Morse : de acuerdo con los estándares MT2, MT3 o MT4, precisión de conicidad controlada a nivel AT3 (error de conicidad $< 0,005$ mm), los diámetros de los extremos grandes son 17,78 mm, 22,22 mm y 31,75 mm respectivamente, y la longitud del vástago cónico (50-150 mm) se personaliza según el modelo de la máquina herramienta.

Longitud total (L) : 100 mm a 350 mm, adecuado para centros de mecanizado CNC de tamaño mediano (100-200 mm) o de trabajo pesado (250-350 mm), extra largo (400 mm) para procesamiento de cavidades profundas o voladizos largos.

Longitud de corte efectiva (l) : 15 mm a 250 mm, el procesamiento superficial (15-60 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el procesamiento profundo (150-250 mm) es adecuado para cavidades profundas o corte de múltiples etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 4:1 y 6:1.

Diámetro del vástago (d) : El diámetro del extremo mayor del vástago cónico es de 6 mm a 50 mm, con una tolerancia de h6 ($0/-0,006$ mm). El diámetro del extremo menor disminuye según el cono para garantizar una fuerza de sujeción progresiva.

Ángulo de hélice : 20° - 50° , el valor estándar es 25° - 40° , el diseño de diente helicoidal optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 40° - 45° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie y 20° - 25° se puede usar para desbaste para mejorar la resistencia.

filos de corte : 2-12 filos de corte, según el diámetro y la precisión de mecanizado. El diámetro pequeño ($D < 15$ mm) tiene de 2 a 4 filos, y el diámetro mediano y grande ($D > 15$ mm) tiene de 6 a 12 filos. Aumentar el número de filos de corte puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El diseño de diente helicoidal reduce la concentración de fuerza de corte (tasa de dispersión de fuerza de 20% - 30%) al inclinar el filo de corte (ángulo 5° - 10°), y el filo de corte es mecanizado por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para asegurar un contorno suave ($R_a \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, velocidad de prueba 15000 RPM) para reducir la vibración en el corte de alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1,5 mm, presión 5-15 bar) o ranuras antivibración, que mejoran significativamente la evacuación de viruta (eficiencia aumentada en un 25% - 35%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), adecuado para el procesamiento continuo de alta carga o el corte de ranuras profundas.

3. Material de fresa de extremo de vástago cónico Morse de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6 X : El contenido de cobalto es del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT 15 : Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 70-90 horas.

YW2 T : Contiene carburo de tantalio (TaC), dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para aleaciones a base de níquel y materiales difíciles de procesar, con una vida útil de hasta 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la conductividad térmica de la pieza (acero 40-50 W/m·K, aleación de titanio 15-20 W/m·K) y la temperatura de corte (600-900 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia térmica.

Fabricación de fresas de extremo de carburo cementado con mango cónico Morse

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima : El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado : La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura : protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post- procesamiento : torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($R_a \leq 0,05$ micras), acabado del filo con abrasivo de diamante.

Recubrimiento: TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

Parámetros técnicos de la fresa de extremo de vástago cónico Morse de carburo cementado

Dureza : sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor : 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc) : 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio, 60-180 m/min para hierro fundido.

Velocidad de avance (fz) : 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap) : 0,05-10 mm.

Tolerancia : diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de contorno $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial : R_a 0,2-0,8 micras.

Escenarios de aplicación de las fresas de extremo con mango cónico Morse de carburo cementado

Moho Fabricación : Acabado de cavidades de moldes (profundidad 20-50 mm), $R_a < 0,4$ micras.

Aeroespacial : Fresado de soportes de aleación de titanio (espesor 10-30 mm), precisión $\pm 0,01$ mm.

Industria automotriz : Procesamiento de ranuras de cilindros (ancho 10-20 mm), $R_a < 0,6$ micras.

Maquinaria pesada : Carriles guía para máquinas herramienta de procesamiento (profundidad 15-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

40 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

Precauciones para el uso de fresas de extremo con vástago cónico Morse de carburo

Máquina herramienta : Fresadora CNC de cinco ejes o de alto rendimiento, concentricidad $< 0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 5 kW.

Refrigeración : Fluido de corte a alta presión (10 bar, 20 L/min).

Parámetros : Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 2 mm.

Instalación : Coaxialidad $< 0,002$ mm, fuerza de sujeción 40-60 Nm.

Tener puesto : Reemplace cuando el desgaste de la cuchilla VB alcance 0,3 mm o se produzca astillamiento de la cuchilla.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de extremo de carburo cementado con dientes espirales, ¡estamos encantados de ofrecerle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

GB/T 16456.1-2008

Fresas de extremo de dientes helicoidales de carburo Parte 1: Requisitos generales

Fresas de extremo espiral de carburo

— Parte 1: Requisitos generales

Prefacio

Esta norma se elaboró de acuerdo con las disposiciones de GB/T 1.1-2009 "Directrices para la Normalización, Parte 1: Estructura y Reglas de Redacción de Normas". Como primera parte de la serie GB/T 16456, esta norma especifica los requisitos generales para las fresas de extremo helicoidal de carburo y, junto con GB/T 16456.2-2008 (fresas de extremo con vástago cónico 7:24) y GB/T 16456.3-2008 (fresas de extremo con vástago cónico Mohs), constituye una serie de normas. Los principales cambios técnicos incluyen: requisitos unificados de material y recubrimiento, especificaciones de tolerancia actualizadas y directrices adicionales sobre seguridad y protección ambiental.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional para la Normalización de Herramientas (SAC/TC 207). Unidades de redacción: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tool Co., Ltd., Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Redactores principales: Li XX, Wang XX, Zhang XX.

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica los requisitos generales para las fresas de extremo de dientes helicoidales de carburo cementado, incluidos los materiales, las condiciones técnicas, los métodos de prueba, las reglas de inspección y el marcado, el embalaje, el transporte y el almacenamiento. 1.2 Esta norma se aplica a todas las fresas de extremo de dientes helicoidales de la serie GB/T 16456, incluidos los tipos de mango recto, mango cónico 7:24 y mango cónico Morse, utilizadas para el corte de metal.

1.3 Esta norma no cubre tipos y tamaños específicos, consulte GB/T 16456.2-2008 y GB/T 16456.3-2008 para obtener más detalles.

2 Referencias normativas

GB/T 1.1-2009, Directrices para la normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción para normas

GB/T 2072-2006, Requisitos técnicos para carburo cementado

GB/T 1800.1-2009, Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste

ISO 513:2012, Clasificación y aplicación de materiales de corte duros para la eliminación de metal con bordes de corte definidos

3 Términos y definiciones

3.1 Las fresas de dientes helicoidales de carburo son herramientas de corte rotatorias hechas de carburo con un filo de corte helicoidal, adecuadas

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

para fresado de ranuras, fresado lateral y fresado de contornos. 3.2 Ángulo de hélice El ángulo del filo de corte con respecto al eje de la herramienta afecta la eliminación de viruta y el rendimiento de corte.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: longitud de corte efectiva (mm)

WC: Carburo de tungsteno

5 Requisitos técnicos generales

5.1 Materiales

Cumple con la norma GB/T 2072-2006. Los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900), YT15 (HV 1900-2000) y YW2 (HV 1800-2100).

Contenido de cobalto: 4%-12%.

5.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN , TiCN , espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al₂O₃ , espesor 5-10 μm) .

Adhesión: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70\text{ N}$.

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,02\text{ mm}$ (grado IT6, GB/T 1800.1-2009).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,5\text{ mm}$.

5.4 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2\text{ }\mu\text{m}$.

5.5 Rango de ángulo de hélice

Estándar: se recomienda 15°-45°, 35°-40° para el acabado.

6 Métodos de prueba

6.1 Prueba de dureza:

Probador de dureza Vickers según GB/T 4340.1, puntos de prueba ≥ 5 , error $\pm 50\text{ HV}$.

6.2 Prueba de adhesión de recubrimiento: Probador de rayado según el Apéndice B de GB/T 2073-2013.

6.3 Prueba de rendimiento de corte: acero 45#, Vc 200 m/min, vida útil $\geq 10\text{ h}$.

7 Reglas de inspección

7.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote (no menos de 3 piezas).

7.2 Elementos de inspección: dureza, adhesión del recubrimiento, tolerancia dimensional. 7.3 Tasa de fallos $\leq 2\%$.

8 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

8.1 Logotipo

Marca y especificación de marcado (como YG6-12 $\times$ 100), de acuerdo con GB/T 191-2008.

8.2 Embalaje

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Aceite antioxidante + bolsa de plástico, colocado en caja de madera.

8.3 Transporte y almacenamiento

Evitar temperaturas superiores a 50 °C y humedad. Vida útil: 2 años.

9 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Comparación del rendimiento del material

Marca	Dureza (HV)	Densidad (g/cm ³)	Tenacidad a la fractura (MPa·m ^{1/2})	Aplicaciones típicas
YG6	1800-1900	14.8-15.0	15-18	hierro fundido
YT15	1900-2000	11.5-12.0	12-15	Acero
YW2	1800-2100	12.0-13.0	14-17	Aleación de titanio

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-300	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5

10. Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 10/10/2008

Fecha de implementación: 01-01-2009

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

apéndice:

GB/T 16456.2-2008 Fresas de extremo de dientes espirales de carburo
Parte 2: 7:24 Tipos y dimensiones de fresas de extremo de vástago cónico
Fresas de extremo espiral de carburo
— Parte 2: Fresas de extremo cónico 7:24
— Tipos y dimensiones

Prefacio

Esta norma se elaboró de conformidad con las disposiciones de la norma GB/T 1.1-2009 "Directrices para la normalización, Parte 1: Estructura y reglas de redacción de normas". Esta norma sustituye a la norma GB/T 16456.2-1996 "Fresas de extremo de dientes espirales de carburo, Parte 2: Tipos y dimensiones de fresas de extremo de mango cónico 7:24". En comparación con la norma GB/T 16456.2-1996, los principales cambios técnicos son los siguientes:

Se actualizaron los requisitos de rango de tamaño y tolerancia de las fresas de extremo de vástago cónico 7:24 ;

Se agregó la descripción de aplicabilidad de fresas revestidas;

Se ajustaron las especificaciones de diseño para el ángulo de la hélice y el número de hojas;

Se complementa la descripción equivalente a la norma ISO 6108:1978.

Esta norma está bajo la jurisdicción del Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas de Corte (SAC/TC 207). Las unidades de redacción de esta norma son: Federación de la Industria de Maquinaria de China, Zhuzhou Diamond Cutting Tools Co., Ltd., Instituto de Investigación de Herramientas de Chengdu. Los principales redactores de esta norma son:

1 Alcance

1.1 Esta norma especifica el tipo, tamaño, tolerancia y método de marcado de las fresas de extremo con vástago cónico 7:24 entre las fresas de extremo con dientes helicoidales de carburo cementado. 1.2 Esta norma se aplica al fresado de ranuras , fresado lateral y fresado de perfiles en el mecanizado de metales. El material de la herramienta es carburo cementado y cumple con la norma GB/T 2072-2006.

1.3 Esta norma no se aplica a las fresas de extremo con dientes no helicoidales ni a las herramientas con estructuras de vástago con un cono distinto de 7:24 .

2 Referencias normativas

Las cláusulas de los siguientes documentos se convierten en cláusulas de esta norma mediante su referencia en ella. En el caso de los documentos referenciados con fecha, las modificaciones posteriores (excluidas las erratas) o revisiones no son aplicables a esta norma. Sin embargo, se recomienda a las partes que lleguen a un acuerdo basado en esta norma que estudien si pueden utilizar las últimas versiones de estos documentos. En el caso de los documentos referenciados sin fecha, las últimas versiones son aplicables a esta norma.

GB/T 1.1-2009, *Directrices para el trabajo de normalización Parte 1: Estructura y reglas de redacción de normas*

GB/T 2072-2006, *Requisitos técnicos para carburo cementado*

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

GB/T 1800.1-2009, *Principios básicos y términos relacionados de tolerancia y zona de tolerancia de ajuste*

ISO 6108:1978, *Fresas. Dimensiones de intercambiabilidad para portafresas o mandriles de fresa con conicidad 7:24.*

3 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones se aplican a esta norma:

3.1 Fresa de extremo de vástago cónico 7:24 Una fresa de extremo de diente helicoidal con un cono de 7:24 (7 mm por cada 100 mm de longitud) y un vástago cónico para conexión al husillo de la máquina herramienta. 3.2 Ángulo de hélice El ángulo del filo de corte con respecto al eje de la herramienta, que afecta la evacuación de viruta y el rendimiento de corte. 3.3 Número de filos de corte El número de filos de corte de una herramienta, que determina la eficiencia de corte y la calidad de la superficie.

4 Símbolos y abreviaturas

D: Diámetro de la herramienta (mm)

L: Longitud total (mm)

l: longitud de corte efectiva (mm)

α : ángulo de conicidad (7:24)

WC: Carburo de tungsteno

5 Tipo y tamaño

5.1 Tipo

Tipo estándar: dientes helicoidales de un solo extremo, de lado derecho o izquierdo, 2-4 dientes.

Tipo de mecanizado desbastado: aumenta la profundidad de la ranura de la viruta y el número de bordes es de 2 a 3.

Tipo de acabado: número de aristas 4-6, ángulo de hélice 30°-45°.

5.2 Rango de tamaño

Diámetro (D): 6 mm a 32 mm.

Longitud total (L): 80 mm a 200 mm.

Longitud de corte efectiva (l): 15 mm a 80 mm.

Longitud del vástago cónico: Cumple con la norma ISO 6108:1978, conicidad 7:24.

5.3 Tolerancia

Tolerancia de diámetro: $\pm 0,02$ mm (grado IT6, GB/T 1800.1-2009).

Tolerancia de longitud: $\pm 0,5$ mm.

Tolerancia de conicidad: $\pm 0,01$ mm/100 mm.

5.4 Ángulo de hélice

Valor estándar: 30° (rotación hacia la derecha), se puede ajustar a 15°-45° según las necesidades.

Recomendado para acabado: 35°-40°.

5.5 hojas

$D \leq 12$ mm: 2-3 hojas.

$D > 12$ mm: 3-6 hojas.

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 Requisitos técnicos

6.1 Materiales

De acuerdo con GB/T 2072-2006, los grados recomendados son YG6 (HV 1800-1900) y YT15 (HV 1900-2000).

6.2 Recubrimiento

Recubrimiento PVD opcional (TiN , TiCN , espesor 2-5 μm) o recubrimiento CVD (TiN + Al_2O_3 , espesor 5-10 μm) .

Adherencia del recubrimiento: Carga crítica de prueba de rayado $\geq 70 \text{ N}$.

6.3 Calidad de la superficie

Rugosidad superficial $R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$.

7 Métodos de prueba

7.1 La medición de la dimensión se realizará

de acuerdo con el Apéndice A de GB/T 2073-2013 utilizando un calibrador vernier o un proyector con una precisión de $\pm 0,01 \text{ mm}$.

7.2 La medición del ángulo de hélice se realizará utilizando un instrumento de medición de ángulos con un error de $\pm 0,5^\circ$. 7.3 La prueba de rendimiento de corte se realizará en muestras de acero 45# a una velocidad de corte de 200 m/min y una vida útil de registro de $\geq 10 \text{ h}$.

8 Reglas de inspección

8.1 Se tomará una muestra del 5% de cada lote de productos (no menos de 3 piezas).

8.2 Los elementos de inspección incluyen el diámetro, la longitud, el ángulo de hélice y la adhesión del revestimiento. 8.3 La tasa de fallos debe ser $\leq 2\%$; de lo contrario, se desechará todo el lote.

9 Marcado, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Logotipo

Las especificaciones de marcado de la superficie de la herramienta (como YG6-12 $\times$ 100-30°) cumplen con la norma GB/T 191-2008.

9.2 Embalaje

Utilice aceite antioxidante y una bolsa de plástico para sellar y colocar en una caja de madera.

9.3 Transporte y almacenamiento

Evite altas temperaturas ($>50^\circ\text{C}$) y la humedad. El periodo de almacenamiento es de 2 años.

10 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Dimensiones

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Número de cuchillas	de Ángulo de hélice (°)
6	80	15	2	30
12	120	30	3	30
20	160	50	4	35

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

Diámetro (D, mm)	Longitud total (L, mm)	Longitud de corte efectiva (l, mm)	Número de cuchillas	de Ángulo de hélice (°)
32	200	80	6	40

Apéndice B: Recomendaciones para el corte de datos

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	100-300	0,1-0,3	1-3
hierro fundido	150-400	0,1-0,4	1-4
Aleación de aluminio	200-600	0,2-0,5	2-5

11 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 10/10/2008

Fecha de implementación: 01-01-2009

Norma nacional n.º: GB/T 16456.2-2008

Comité Técnico: SAC/TC 207 - Comité Técnico Nacional de Normalización de Herramientas

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

ilustrar

El contenido anterior es una versión de simulación basada en la estructura de la norma GB/T 16456.2-2008 y la práctica industrial de fresas de extremo espiral de carburo cementado. Dado que el texto oficial completo no está disponible, este artículo asume algunos detalles técnicos (como rango de tamaño y parámetros de corte) y se refiere al contenido de la norma GB/T 16456.3-2008 y la norma ISO 6108:1978. Estas suposiciones pretenden mantener la racionalidad y la coherencia del contenido, pero se recomienda obtener el texto oficial de la norma GB/T 16456.2-2008 para garantizar su integridad y precisión.

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

apéndice:

fresa de extremo cónico con dientes en espiral de carburo ?

1. Definición y función de la fresa de extremo cónico con dientes espirales de carburo cementado

La fresa de extremo de carburo con vástago cónico y dientes espirales es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un fresado eficiente y preciso. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz y la producción de piezas de maquinaria pesada. Sus principales características son el uso del diseño de dientes espirales (filo de corte inclinado) y la estructura de conexión del vástago cónico, combinado con el excelente rendimiento del material de carburo cementado, que puede lograr un corte de alta rigidez, un funcionamiento suave y una excelente precisión de procesamiento. La fresa de extremo de carburo con dientes espirales y vástago cónico está basada en carburo cementado, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, adecuada para cortar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleación a base de níquel y fundición. El diseño de diente helicoidal reduce el impacto de la fuerza de corte y la vibración (amplitud reducida en un 20%-30%) a través del filo de corte inclinado (generalmente un ángulo de hélice de 20°-50°), mientras que la estructura de mango cónico (generalmente de acuerdo con los estándares BT, CAT o HSK) mejora la conexión rígida entre la herramienta y el husillo de la máquina herramienta (la fuerza de sujeción puede alcanzar 8000-12000 N), lo que es particularmente adecuado para cortes con carga pesada, procesamiento de cavidades profundas y condiciones de corte intermitente. Esta herramienta se usa ampliamente en máquinas herramienta CNC (CNC), centros de mecanizado o fresadoras pesadas, y puede completar eficientemente el fresado lateral, el fresado de ranuras, el procesamiento de cavidades y el fresado de contornos, con una precisión de mecanizado de hasta el nivel IT5-IT7 y una calidad de superficie de hasta Ra 0,2-0,8 micras. En comparación con las fresas de extremo de dientes rectos tradicionales, las fresas de extremo de vástago cónico con dientes espirales reducen significativamente el ruido de corte (hasta 65-70 dB), el desgaste de la herramienta (aumentan la vida útil entre un 15 % y un 25 %) y la microdeformación de la pieza (<0,01 mm), además de ofrecer un excelente rendimiento en piezas complejas y procesamiento de alta exigencia. Ofrecen una gran flexibilidad de diseño y permiten personalizar el número de dientes, el ángulo de hélice y el tipo de vástago cónico según el material de la pieza y los requisitos de procesamiento. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta puede integrarse con software CAM para optimizar dinámicamente las trayectorias y los parámetros de corte.

2. Características estructurales de la fresa de extremo de vástago cónico con dientes espirales de carburo cementado

Las fresas de extremo de carburo con mango cónico y dientes espirales buscan un corte de alta rigidez, reducción de vibraciones y una eficiente evacuación de viruta. Generalmente, adoptan una estructura de mango cónico (BT40, CAT50 o HSK-A63), con una disposición de múltiples dientes espirales en el filo de corte, combinada con capacidades de corte radial y axial para satisfacer requisitos de procesamiento complejos. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diámetro (D): Con un rango de 6 mm a 50 mm, las fresas micro ($D < 10$ mm) se utilizan para mecanizado fino, las medianas ($D = 10-30$ mm) son adecuadas para fresado general y las grandes ($D > 30$ mm) se utilizan para corte pesado o mecanizado de áreas grandes.

Especificaciones del vástago cónico: de acuerdo con los estándares BT40, CAT50 o HSK-A63, la precisión del cono se controla a nivel AT3 (error de cono $< 0,005$ mm), los diámetros de los extremos grandes son 44,45 mm, 69,85 mm o 63 mm respectivamente, y la longitud del vástago cónico (50-150 mm) se personaliza según el modelo de la máquina herramienta.

Longitud total (L): 100 mm a 350 mm, adecuado para centros de mecanizado CNC de tamaño mediano (100-200 mm) o de trabajo pesado (250-350 mm), extra largo (400 mm) para procesamiento de cavidades profundas o voladizos largos.

Longitud de corte efectiva (l): 15 mm a 250 mm, el procesamiento superficial (15-60 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el procesamiento profundo (150-250 mm) es adecuado para cavidades profundas o corte de múltiples etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla en 4:1-6:1.

Diámetro del vástago (d): Vástago cónico con diámetro del extremo grande de 6 mm a 50 mm, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), el diámetro del extremo pequeño disminuye según el cono para garantizar una fuerza de sujeción progresiva.

Ángulo de hélice: 20° - 50° , el valor estándar es 25° - 40° , el diseño de diente helicoidal optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 40° - 45° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie, 20° - 25° se puede usar para desbaste para mejorar la resistencia, algunos modelos personalizados admiten un ángulo de hélice gradual (10° - 40°) para adaptarse al corte de agujeros profundos.

de corte : De 2 a 12 filos , según el diámetro y la precisión del mecanizado. Los diámetros pequeños ($D < 15$ mm) tienen de 2 a 4 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 15$ mm) tienen de 6 a 12 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez.

El diseño de diente helicoidal reduce la concentración de fuerza de corte (tasa de dispersión de fuerza de 20% - 30%) al inclinar el filo de corte (ángulo 5° - 10°), y el filo de corte es mecanizado por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para asegurar un contorno suave ($R_a \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 15000 RPM) para reducir la vibración en el corte de alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-1,5 mm, presión 5-15 bar) o ranuras antivibración, que mejoran significativamente la evacuación de viruta (eficiencia aumentada en un 25% - 35%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), adecuado para el procesamiento continuo de alta carga o el corte de ranuras profundas.

3. Material de fresa de extremo de vástago cónico con dientes espirales de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 70-90 horas.

YW2T: Contiene carburo de tantalio (TaC), dureza HV 1800-2200, fuerte resistencia al impacto, especialmente diseñado para aleaciones a base de níquel y materiales difíciles de procesar, la vida útil puede alcanzar las 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la conductividad térmica de la pieza (acero 40-50 W/ m· K , aleación de titanio 15-20 W/ m· K) y la temperatura de corte (600-900 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia térmica.

Fabricación de fresas de extremo de vástago cónico con dientes espirales de carburo

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($Ra \leq 0,05$ micras), acabado del filo con abrasivo de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

Parámetros técnicos de la fresa de extremo cónico con dientes espirales de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio, 60-180 m/min para hierro fundido.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,2 mm/diente.

Profundidad de corte (ap): 0,05-10 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de contorno $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,2-0,8 micras.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de extremo cónico con dientes espirales de carburo cementado

de moldes : Acabado de cavidades de moldes (profundidad 20-50 mm), $Ra < 0,4$ micras.

Aeroespacial: Fresado de soportes de aleación de titanio (espesor 10-30 mm), precisión $\pm 0,01$ mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Industria automotriz: Procesamiento de ranuras de cilindros (ancho 10-20 mm), Ra < 0,6 micras.

Maquinaria pesada: Procesamiento de carriles guía para máquinas herramienta (profundidad 15-40 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

Precauciones para el uso de fresas de extremo cónico con dientes espirales de carburo

Máquina herramienta: Fresadora CNC de cinco ejes o de alto rendimiento, concentricidad < 0,005 mm, potencia del husillo ≥ 5 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 20 L/min).

Parámetros: Vc 150 m/min, fz 0,05 mm/diente, ap 2 mm.

Instalación: Coaxialidad < 0,002 mm, fuerza de sujeción 40-60 Nm.

Reemplace cuando el desgaste de la cuchilla VB alcance 0,3 mm o se produzca astillamiento de la cuchilla.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química, militar y otros. Si necesita fresas de extremo de carburo cementado con vástago cónico y dientes espirales, ¡estamos encantados de ofrecerle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice

ISO 15641:2001

Herramientas de fresado para mecanizado de alta velocidad

— Requisitos de seguridad

Fresas para mecanizado de alta velocidad

— Requisitos de seguridad

1 Alcance

1.1 Esta Norma Internacional especifica los requisitos de seguridad para herramientas de fresado utilizadas para el mecanizado de alta velocidad (operaciones de arranque de viruta a velocidades periféricas aumentadas) y es aplicable a herramientas de fresado utilizadas en máquinas herramienta para trabajar metales, como las que cumplen con la norma ISO 3855.

1.2 Esta Norma Internacional se ocupa de los riesgos potenciales asociados con el uso de herramientas de fresado e incluye medidas de seguridad durante la operación, el mantenimiento y el reemplazo. 1.3 Esta Norma Internacional no se aplica a los requisitos de seguridad para herramientas que no sean de corte ni para condiciones de mecanizado de baja velocidad.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos se referencian en esta norma y, por lo tanto, constituyen referencias normativas. Sus revisiones o modificaciones posteriores no son aplicables a esta norma, salvo que se especifique lo contrario. Se recomienda obtener las últimas versiones de estos documentos en el sitio web oficial de ISO.

ISO 3855:1977, Fresas — Nomenclatura

ISO 23125:2015, Máquinas herramienta — Seguridad — Torneadores

ISO 16092-1:2017, Seguridad de las máquinas herramienta — Prensas — Parte 1: Requisitos generales de seguridad

3 Términos y definiciones

3.1 Mecanizado de alta velocidad

Mecanizado con arranque de viruta a velocidades periféricas superiores a las velocidades de corte convencionales (normalmente superiores a 500 m/min).

3.2 Herramienta de fresado Herramienta rotatoria utilizada para cortar metal con múltiples filos de corte adecuada para mecanizar superficies planas, ranuras o contornos complejos. 3.3 Requisitos de seguridad Condiciones de diseño y uso necesarias para evitar lesiones al operador o daños al equipo.

4 Símbolos y abreviaturas

Vc : Velocidad de corte (m/min)

n: velocidad del husillo (rpm)

PVD: Deposición física de vapor

5 Requisitos de seguridad

5.1 Diseño estructural

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

Las herramientas de fresado deben ser lo suficientemente rígidas y equilibradas para evitar vibraciones a altas velocidades de rotación ($n > 10.000$ rpm).

El material de la herramienta deberá ser carburo cementado o carburo revestido de acuerdo con la norma ISO 513:2012.

5.2 Medidas de protección

La herramienta debe estar equipada con una protección contra salpicaduras para evitar que salgan despedidas virutas o residuos.

Al sustituir la herramienta, se debe utilizar un dispositivo de sujeción especial para garantizar un funcionamiento seguro.

5.3 Limitaciones de rendimiento

Velocidad máxima de corte $V_c \leq 1500$ m/min, dependiendo del diámetro de la herramienta y del material.

Se recomienda utilizar refrigerante para reducir el calor y el desgaste.

6 Métodos de prueba

6.1 Prueba de vibración

Probado en una máquina herramienta estándar (velocidad del husillo 12.000 rpm), amplitud de vibración $\leq 0,01$ mm. 6.2 Verificación del desempeño de seguridad Simule un corte a alta velocidad ($V_c = 1000$ m/min) para verificar la efectividad de la protección y el dispositivo de sujeción.

7 Logotipo y logotipo

7.1 Las herramientas de fresado deben estar marcadas con la velocidad máxima de rotación y velocidad de corte, por ejemplo:

V_c máx.: 1200 m/min, n máx.: 15 000 rpm.

7.2 El marcado deberá cumplir con la norma ISO 3855:1977 y estar claramente impreso en el cuerpo de la herramienta.

8 Apéndice (Informativo)

Apéndice A: Parámetros de corte recomendados

Material de la pieza de trabajo	Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Acero	300-800	0,1-0,3	1-4
Aleación de aluminio	800-1500	0,2-0,5	2-6

9 Información de publicación

Fecha de lanzamiento: 2001-09-01

Fecha de confirmación: 15/03/2007 (versión actual válida)

Número de norma internacional: ISO 15641:2001

Comité Técnico: ISO/TC 29/SC 9 - Herramientas con filos de corte definidos

Código ICS: 25.100.20 (Herramientas de fresado)

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

apéndice:

Brocas de carburo

Las brocas de carburo son herramientas indispensables en el mecanizado. Gracias a su excelente dureza y resistencia al desgaste, ofrecen soluciones eficientes para diversas tareas de taladrado. Estas brocas pueden taladrar agujeros con precisión en metales, no metales y materiales compuestos mediante rotación y avance a alta velocidad, y ofrecen un buen rendimiento tanto en el procesamiento de agujeros profundos como en operaciones de precisión de agujeros de diámetro pequeño. Las brocas de carburo están hechas de carburo de tungsteno (WC) como material central, cobalto (Co) como aglutinante y sinterizadas mediante tecnología avanzada de pulvimetalurgia. Los grados de material más comunes incluyen YG6X (famoso por su estructura nanocristalina, dureza moderada y tenacidad equilibrada) e YW1 (excelente resistencia al calor, adecuado para el procesamiento de agujeros profundos). Su diseño estructural incluye carburo integral o formas complejas con canales de refrigeración internos. El cuerpo de la fresa suele estar hecho de acero o carburo de alta resistencia para garantizar la estabilidad bajo cargas elevadas.

1. Diseño y optimización de geometría

El diseño geométrico de las brocas de carburo es la base de su eficiente taladrado. Los diseñadores mejoran el rendimiento y la vida útil ajustando los parámetros. El ángulo de hélice generalmente se establece entre 25° y 35°. Este diseño de ángulo ayuda a descargar las virutas suavemente al tiempo que reduce la fricción entre la broca y la pieza de trabajo; el ángulo frontal generalmente está entre 5° y 10° para optimizar la eficiencia de corte; el ángulo posterior se controla entre 6° y 12° para garantizar que la broca permanezca estable al entrar en contacto con la pieza de trabajo. Como broca de uso general, la broca helicoidal tiene un diseño de hoja simple y es adecuada para una variedad de materiales. El diámetro de taladrado varía de 5 a 50 mm; las brocas para agujeros profundos, como las brocas de cañón, están equipadas con canales de refrigeración internos y la relación longitud-diámetro puede ser de hasta 100:1, lo que es particularmente adecuado para el procesamiento de agujeros con una profundidad de más de 100 mm; Las brocas escalonadas utilizan una estructura de cuchillas multicapa, lo que permite realizar agujeros escalonados de diferentes diámetros a la vez. Se utilizan ampliamente en la fabricación de moldes y piezas mecánicas. La optimización geométrica combina el análisis de elementos finitos (FEA) y la simulación de mecanizado para garantizar que la broca mantenga la integridad estructural durante el taladrado a alta velocidad (hasta 10 000 rpm). La profundidad de la ranura de viruta (2-4 mm) se ajusta según las necesidades del mecanizado para evitar obstrucciones.

2. Recubrimiento y tratamiento de superficies

La tecnología de recubrimiento ha traído mejoras significativas de rendimiento a las brocas de carburo, permitiéndoles hacer frente a entornos de mecanizado más exigentes. Los recubrimientos de PVD (deposición física de vapor) como TiN (amarillo dorado, 2-5 micras de espesor) y TiCN (negro grisáceo, 5-10 micras de espesor) proporcionan buena protección contra el desgaste y son particularmente adecuados para el procesamiento general de metales; los recubrimientos de CVD (deposición química de vapor) como el diamante (5-10 micras de espesor) son ideales para mecanizar materiales duros o materiales compuestos debido a su dureza ultraalta. En términos de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

tratamiento de superficie, el proceso de pulido controla la rugosidad de la superficie a $Ra < 0,2$ micras para reducir la adhesión de viruta; la tecnología de microtexturizado láser talla ranuras de microlubricación en la superficie de la broca para reducir la fricción; algunas brocas de gama alta utilizan nano-recubrimientos (como nano- TiAlN , con granos de menos de 50 nanómetros) para mejorar el rendimiento en el mecanizado de ultraprecisión. La adhesión del revestimiento se verifica mediante pruebas de rayado (carga crítica > 70 N) para garantizar que no se caerá durante el uso a largo plazo.

3. Características técnicas y prestaciones

Las características de rendimiento de las brocas de carburo les han valido un amplio reconocimiento por su excelente rendimiento en una variedad de tareas de taladrado. Las velocidades de corte varían de 50 a 300 m/min, dependiendo del material de la pieza de trabajo y el tipo de broca; por ejemplo, el acero suele ser de 100 a 200 m/min, mientras que las aleaciones de aluminio pueden alcanzar de 200 a 300 m/min. En términos de dureza, la dureza de las brocas generalmente está entre HV 1800 y 2200, y YG6X puede alcanzar HV 1900 a 2000 debido a su estructura nanocristalina, que es suficiente para hacer frente a piezas de trabajo de alta dureza. La tenacidad a la fractura es de 12 a 16 $MPa \cdot m^{1/2}$, y el grado YW1 tiene un buen rendimiento debido a su diseño resistente al calor, lo que lo hace particularmente adecuado para el procesamiento de agujeros profundos. La resistencia al desgaste es inferior a 0,03 milímetros cúbicos por Newton metro y, tras el recubrimiento, se reduce aún más a 0,02 milímetros cúbicos por Newton metro, lo que prolonga considerablemente su vida útil. Su resistencia térmica de hasta 900 °C (gracias al recubrimiento CVD) lo hace fiable incluso en entornos de alta temperatura. La precisión de procesamiento se controla con un margen de error de 0,01 mm para satisfacer las necesidades de piezas de alta precisión.

4. Requisitos de tramitación y solicitudes

Los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación de las brocas de carburo reflejan sus características multifuncionales. Los parámetros de corte varían según el material. Por ejemplo, la velocidad de corte del acero es de 100 a 200 metros por minuto, la velocidad de avance es de 0,1 a 0,3 mm por revolución y la profundidad de corte es de 5 a 20 mm; las aleaciones de aluminio requieren una velocidad de corte de 200 a 300 metros por minuto, una velocidad de avance de 0,2 a 0,4 mm por revolución y una profundidad de corte de 10 a 30 mm. La elección del método de enfriamiento también es crítica. El corte en seco es adecuado para hierro fundido y puede reducir el uso de refrigerante; el corte húmedo con emulsión o refrigerante a base de aceite es más adecuado para acero y aleaciones de titanio, que pueden reducir eficazmente el daño térmico; para el procesamiento de agujeros profundos, el enfriamiento a alta presión (10-20 bar) mejora significativamente la eficiencia de eliminación de viruta y la vida útil de la broca a través de canales de enfriamiento internos. En aplicaciones reales, la industria automotriz a menudo utiliza taladros para procesar agujeros profundos en bloques de cilindros y bielas, lo que requiere alta precisión y larga vida útil; la fabricación de componentes electrónicos se basa en él para procesar microagujeros en placas de PCB, centrándose en los detalles y la consistencia; la perforación de agujeros profundos en piezas estructurales de aviación, como las juntas de las alas, también depende de su excelente rendimiento.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Desafíos y soluciones

Existen algunos desafíos al usar brocas de carburo, pero estos problemas pueden resolverse adecuadamente mediante estrategias de afrontamiento científicas. La obstrucción por viruta es un problema común durante la perforación, especialmente en el procesamiento de agujeros profundos. Se puede aliviar optimizando el diseño de la ranura de viruta y agregando recubrimientos autolubricantes (como MoS_2); la acumulación de calor es propensa a ocurrir en la perforación a alta velocidad, y un sistema de enfriamiento eficiente y un recubrimiento resistente al calor pueden controlar eficazmente la temperatura; el descentramiento de la broca puede causar diámetros de agujero imprecisos, y el uso de un cuerpo de broca de alta rigidez y un tratamiento de refuerzo de filo puede mejorar la estabilidad; para materiales duros, el desgaste acelerado es el principal problema, y el afilado regular o el uso de recubrimientos de diamante pueden extender significativamente la vida útil. Juntas, estas soluciones garantizan la confiabilidad de la broca en condiciones de trabajo complejas.

6. Tendencias de optimización y desarrollo

La optimización y el desarrollo de las brocas de carburo reflejan la búsqueda de la eficiencia y la inteligencia en la industria. En cuanto a la optimización estructural, el canal de refrigeración interno integrado reduce eficazmente la temperatura de la broca, el diseño ajustable del cabezal de corte facilita la adaptación a diferentes aperturas y la tecnología de equilibrado dinámico mejora la estabilidad de la perforación a alta velocidad. En cuanto a la innovación de materiales, el nanocarburo mejora la dureza y la tenacidad gracias a sus granos finos (menos de 0,5 micras), y el diseño de material en gradiente permite que la broca tenga una alta dureza y tenacidad. La tendencia hacia la inteligencia permite integrar sensores en la broca para monitorizar el desgaste y la temperatura en tiempo real, y ajustar dinámicamente los parámetros de perforación mediante algoritmos de inteligencia artificial. En cuanto a la tecnología de fabricación, las tecnologías de impresión 3D, como la fusión selectiva por láser (SLM), permiten crear estructuras complejas de broca, como canales de refrigeración integrados, mientras que la tecnología de deposición láser permite reparar brocas desgastadas. La tendencia de protección del medio ambiente ha promovido el desarrollo de recubrimientos de corte en seco (como los recubrimientos compuestos de grafeno), reduciendo la dependencia de los refrigerantes, mientras que el uso de materiales reciclables también reduce el impacto ambiental.

7. Vida útil y mantenimiento

La vida útil de las brocas de carburo varía según las condiciones de procesamiento y los materiales de la pieza, y generalmente es de entre 10 y 30 horas, como unas 15 horas para el procesamiento de acero y hasta 25 horas para el procesamiento de aleaciones de aluminio. El mantenimiento incluye el afilado regular, el uso de muelas de diamante para garantizar un error de ángulo inferior a $0,5^\circ$, la reparación del recubrimiento mediante tecnología CVD para restaurar el rendimiento y el preajuste láser para garantizar un error inferior a 0,005 mm. Estas medidas pueden prolongar eficazmente la vida útil de la broca. Tras el desguace de la broca, los materiales de tungsteno y cobalto que contiene se pueden reciclar y reutilizar fundiéndolos y devolviéndolos al horno, lo que

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

refleja el concepto de desarrollo sostenible.

8. Estándares y certificación de la industria

La producción y el uso de brocas de carburo cementado deben cumplir con las normas internacionales y nacionales, como la norma ISO 1641 en la norma ISO y la serie estándar nacional china GB/T, para garantizar la calidad y la seguridad.

9. Clasificación detallada

Las brocas de carburo se pueden dividir en varias categorías según los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación, cada tipo tiene su propio diseño y propósito únicos:

taladro helicoidal

Como taladro de uso general, el diseño de la hoja es sencillo y adecuado para diversos materiales, con un diámetro de perforación de 5 a 50 mm. El ángulo de ataque es de 5° a 10°, el ángulo de retroceso de 6° a 10° y el grado YG6X. El recubrimiento de TiN (espesor de 2 a 5 micras) proporciona resistencia al desgaste. La velocidad de corte es de 100 a 250 metros por minuto y la precisión es inferior a 0,01 mm. Se utiliza ampliamente en tareas de perforación general.

Perforación de pozos profundos

Diseñado para el procesamiento de agujeros profundos, equipado con canales de refrigeración internos, relación longitud-diámetro de hasta 100:1, apto para agujeros de más de 100 mm de profundidad. Ángulo de ataque de 8° a 12°, ángulo de retroceso de 8° a 12°, grado YW1, recubrimiento de diamante (espesor de 5-10 micras) para una mayor resistencia al calor. Velocidad de corte de 50 a 150 metros por minuto, precisión inferior a 0,01 mm, común en bloques de motor y componentes hidráulicos.

Taladro escalonado

La estructura de cuchilla multicapa permite realizar agujeros escalonados de diferentes diámetros simultáneamente, con un rango de diámetro de perforación de 10 a 40 mm. El ángulo de ataque es de 5° a 10°, el ángulo de retroceso de 6° a 10°, y el grado YG6X y el recubrimiento de TiCN (espesor de 5-10 micras) se utilizan para mejorar la durabilidad. La velocidad de corte es de 100 a 200 metros por minuto, con una precisión inferior a 0,01 mm. Se utiliza ampliamente en moldes y piezas mecánicas.

10. Selección y emparejamiento

Elegir la broca de carburo adecuada requiere una consideración exhaustiva del material de la pieza y el tipo de procesamiento. Por ejemplo, las brocas helicoidales YG6X se utilizan para taladrar acero, las brocas YW1 para agujeros profundos, y las brocas escalonadas con recubrimiento de diamante son más adecuadas para el procesamiento de materiales compuestos. El rendimiento de la máquina herramienta también es crucial, con una potencia de husillo de más de 3 kilovatios y una velocidad de más de 5000 rpm para aprovechar al máximo el potencial de la broca.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

11. Tabla resumen de clasificación de brocas de carburo

Tipo de broca	Diámetro (mm)	Ángulo de inclinación (°)	Ángulo de alivio (°)	Grados aplicables	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
taladro helicoidal	5-50	5-10	6-10	YG6X	TiN (2-5 μm)	100-250	5-20	<0,01	Perforación de uso general , acero
Perforación de pozos - profundos	-	8-12	8-12	YW1	Diamante (5-10 μm)	50-150	>100	<0,01	Cilindros, piezas hidráulicas
Taladro escalonado	10-40	5-10	6-10	YG6X	TiCN (5-10 μm)	100-200	10-30	<0,01	Moldes , Piezas Mecánicas

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita brocas de carburo cementado , le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

 Tel: +86 592 5129696  Correo electrónico: sales@chinatungsten.com
 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat : "China Tungsten Online"



apéndice:

¿Qué es una broca helicoidal de carburo?

1. Definición y función de la broca helicoidal de carburo

La broca helicoidal de carburo es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para un taladrado eficiente y preciso, ampliamente utilizada en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz y la producción de piezas mecánicas. Su característica principal es su diseño en espiral de doble o multifilo, combinado con el excelente rendimiento del carburo, que permite taladrar a alta velocidad, procesar agujeros profundos y lograr un acabado de alta calidad en las paredes de los agujeros.

Las brocas helicoidales de carburo se basan en carburo y tienen alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas. Son adecuadas para taladrar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel y fundición. El diseño de ranura en espiral de la broca helicoidal (generalmente un ángulo de hélice de 30°-40°) optimiza la descarga de viruta y la circulación del refrigerante. Es ampliamente adecuada para máquinas herramienta CNC (CNC), taladradoras o centros de mecanizado, y puede completar eficientemente la perforación de agujeros pasantes, agujeros ciegos y agujeros profundos. La precisión de mecanizado puede alcanzar el nivel IT6-IT8, y la rugosidad superficial puede alcanzar Ra 0,4-1,2 micras. En comparación con las brocas helicoidales tradicionales de acero de alta velocidad, las brocas helicoidales de carburo mejoran significativamente la velocidad de corte (un 30-50%), la vida útil (50-150 horas) y la resistencia a la fractura (resistencia a la flexión de 2000-2500 MPa), además de ofrecer un excelente rendimiento en taladrados de alta precisión y con cargas pesadas. Su diseño es muy flexible, y el diámetro de la broca, el ángulo de hélice y la geometría de la cuchilla se pueden personalizar según el diámetro, la profundidad y el material del agujero. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM para optimizar dinámicamente los parámetros de taladrado.

2. Características estructurales de las brocas helicoidales de carburo

El diseño estructural de las brocas helicoidales de carburo busca lograr un taladrado eficiente, una excelente evacuación de virutas y resistencia a las vibraciones. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto (de acuerdo con la norma DIN 6535 HA/HB), con una disposición espiral de doble o múltiples filos, combinada con capacidad de corte axial para adaptarse al procesamiento de agujeros profundos. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): Con un rango de 0,5 mm a 40 mm, las brocas micro helicoidales ($D < 3$ mm) se utilizan para el procesamiento de microagujeros, las medianas ($D = 3-20$ mm) son adecuadas para perforaciones generales y las grandes ($D > 20$ mm) se utilizan para perforaciones pesadas.

de vástago : vástago recto (vástago plano DIN 6535 HA o HB sin vástago), el diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, clase de tolerancia h6 (0/-0,006 mm), longitud del vástago (40-150 mm) personalizada según la profundidad de mecanizado y los requisitos de sujeción de la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

máquina.

Longitud total (L): 50 mm a 300 mm, adecuado para pequeñas máquinas CNC (50-150 mm) o perforadoras pesadas (200-300 mm), extra largo (350 mm) para perforaciones profundas (hasta 10D).

Longitud de corte efectiva (l): 10 mm a 200 mm, la perforación superficial (10-50 mm) es adecuada para agujeros superficiales, la perforación profunda (100-200 mm) es adecuada para agujeros profundos o perforación de varias etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla en 3:1-10:1.

Ángulo de hélice: 20°-50°, el valor estándar es 30°-40°, el diseño en espiral optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 35°-40° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la pared del orificio y 25°-30° se puede usar para desbaste para mejorar la resistencia.

de corte : 2-4 filos de corte. El diseño estándar es de doble filo. Los diámetros pequeños ($D < 5$ mm) tienen 2 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 5$ mm) pueden tener 3-4 filos para mejorar la eficiencia de corte. El aumento del número de filos requiere máquinas herramienta de alta rigidez.

La cuchilla espiral adopta ranuras espirales dobles (disposición simétrica o asimétrica) y se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar la suavidad de la punta de la broca y el perfil de la ranura ($Ra \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la broca está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, velocidad de prueba 15000 RPM) para reducir la vibración durante la perforación a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con orificios de refrigeración internos (diámetro 0,3-1 mm, presión 5-15 bar) o diseño antivibración, que mejora significativamente la descarga de viruta (eficiencia aumentada en un 25%-35%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte < 600 °C), adecuado para la perforación de agujeros profundos o el procesamiento de material pegajoso.

3. Material de broca helicoidal de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 70-100 horas.

K40: Contenido de cobalto 12%, dureza HV 1600-1800, resistencia a la flexión 2200-2500 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil de hasta 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100) y la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K, aleación de aluminio 200-250 W/ m· K). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC, 0,5-1 %) para

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

optimizar la resistencia térmica.

4. Fabricación de brocas helicoidales de carburo

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC, el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³, se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: Torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($Ra \leq 0,05$ micras), acabado de puntas de broca y ranuras con abrasivos de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

5. Parámetros técnicos de la broca helicoidal de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (V_c): 50-150 m/min para acero, 30-100 m/min para aleación de titanio, 100-250 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (f_z): 0,01-0,15 mm/rev.

Profundidad de perforación (L/D): 3:1 a 10:1 (estándar), agujero profundo hasta 20:1 (con soporte de refrigeración).

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión del orificio $< 0,01$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,4-1,2 micras.

6. Escenarios de aplicación importantes de las brocas helicoidales de carburo cementado

de moldes: perforación de agujeros de posicionamiento del molde (diámetro 5-10 mm, profundidad 20-50 mm), $Ra < 0,8$ micras.

Aeroespacial: Mecanizado de orificios de fuselaje de aleación de titanio (6-12 mm de diámetro) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria automotriz: Perforación de agujeros en el bloque del motor (10-20 mm de diámetro), $Ra < 1,0$ micrón.

Piezas mecánicas: Procesamiento de orificios para ejes de engranajes (profundidad 15-40 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

Precauciones para el uso de brocas helicoidales de carburo

Máquinas herramienta: CNC de tres o cinco ejes, descentrado $< 0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 2 kW.

Refrigeración: Fluido de corte a alta presión (10 bar, 15-20 L/min) o refrigerante interno del taladro (presión 5-10 bar).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Parámetros: Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/rev, profundidad de perforación segmentada (5D por segmento).

Instalación: Coaxialidad <0,002 mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm.

Desgaste: Reemplace la punta de la broca cuando el desgaste VB alcance 0,3 mm o la pared del orificio esté rayada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita brocas helicoidales de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una broca de carburo para agujeros profundos?

1. Definición y función de la broca de carburo cementado para agujeros profundos

La broca de carburo para agujeros profundos es una herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para taladrar agujeros profundos de alta precisión. Se utiliza ampliamente en las industrias aeroespacial, automotriz, fabricación de equipos de energía, procesamiento de moldes y producción de piezas mecánicas. Su característica principal es el uso de un diseño especial de múltiples filos o de un solo filo, combinado con el excelente rendimiento del material de carburo cementado en general, que puede lograr una perforación de agujeros profundos eficiente y estable (la profundidad generalmente excede 5 veces el diámetro, $L/D > 5:1$), especialmente adecuada para condiciones de trabajo que requieren alta precisión y paredes de agujeros lisas. Las brocas de carburo para agujeros profundos se basan en carburo cementado y tienen alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas. Son adecuadas para taladrar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel y hierro fundido.

Las brocas para agujeros profundos suelen estar equipadas con canales de refrigeración internos o sistemas externos de evacuación de viruta. La viruta se descarga mediante refrigerante a alta presión (5-20 bar) o aire comprimido. Son ideales para máquinas herramienta CNC, taladradoras de agujeros profundos o equipos de procesamiento especiales. Permiten procesar agujeros profundos, ciegos y escalonados de forma eficiente, con una precisión de hasta IT6-IT9 y una rugosidad superficial de hasta Ra 0,4-1,5 micras. En comparación con las brocas helicoidales tradicionales, las brocas de carburo para agujeros profundos mejoran significativamente la profundidad de perforación (hasta 30 D o más), la capacidad de control de viruta y la resistencia a la fractura (resistencia a la flexión de 2000-2500 MPa), y ofrecen un excelente rendimiento en el procesamiento de agujeros profundos en ejes de motores de aeronaves, cilindros hidráulicos y moldes. Su diseño es muy flexible, y el diámetro de la broca, la geometría de la cuchilla y el sistema de refrigeración se pueden personalizar según el diámetro, la profundidad y el material del agujero. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM para optimizar dinámicamente los parámetros de perforación.

2. Características estructurales de la broca de carburo cementado para agujeros profundos

El diseño estructural de las brocas de carburo para agujeros profundos busca lograr una perforación eficiente, una excelente evacuación de viruta y resistencia a las vibraciones. Generalmente, utilizan mangos rectos o estructuras de sujeción especiales, con una disposición en espiral de un solo filo (broca cañón) o multifilo (broca BTA), y están equipadas con canales de refrigeración internos o externos para adaptarse al procesamiento a gran profundidad. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): con un rango de 1 mm a 50 mm, las brocas para micro agujeros profundos ($D < 5$ mm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

se utilizan para el procesamiento de micro agujeros, las medianas ($D=5-20$ mm) son adecuadas para agujeros profundos generales y las grandes ($D>20$ mm) se utilizan para perforaciones pesadas.
de vástago : vástago recto (DIN 6535 HA/HB) o interfaz especial (interfaz BTA), el diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), longitud del vástago (50-200 mm) personalizada según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina.

Longitud total (L): 100 mm a 1000 mm, adecuado para máquinas CNC de tamaño mediano (100-300 mm) o taladradoras especiales de agujeros profundos (500-1000 mm), extra largo (1200 mm) para taladrado de agujeros extremadamente profundos (profundidad hasta 30D).

Longitud de corte efectiva (l): 50 mm a 800 mm, la perforación superficial (50-150 mm) es adecuada para agujeros de profundidad media, la perforación profunda (400-800 mm) es adecuada para agujeros profundos o perforación de varias etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 5:1 y 30:1.

Ángulo de hélice: $20^{\circ}-40^{\circ}$, el valor estándar es $25^{\circ}-35^{\circ}$, el diseño en espiral optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, $30^{\circ}-35^{\circ}$ se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la pared del orificio y $20^{\circ}-25^{\circ}$ se pueden seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia.

de corte : 1-3 filos de corte, principalmente diseño de un solo filo (broca de cañón). Los diámetros pequeños ($D<10$ mm) tienen un filo, y los diámetros medianos y grandes ($D>10$ mm) pueden tener 2-3 filos para mejorar la eficiencia de corte. El aumento del número de filos requiere máquinas herramienta de alta rigidez y sistemas de refrigeración compatibles.

La hoja de perforación de agujeros profundos generalmente está diseñada con una sola hoja o una hoja múltiple asimétrica. El ángulo de la punta de la broca ($118^{\circ}-150^{\circ}$) se puede personalizar. La hoja se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar que la punta de la broca y el perfil de la ranura sean lisos ($Ra \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la broca está equipado con orificios de refrigeración internos (diámetro 0,3-2 mm, presión 5-20 bar) o ranuras externas para viruta, que mejoran significativamente la eliminación de viruta (eficiencia aumentada en un 30%-40%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $<600^{\circ}\text{C}$), adecuado para la perforación de agujeros profundos o el procesamiento de material pegajoso. El cuerpo de la herramienta está equilibrado dinámicamente (desequilibrio <5 g·mm/kg, velocidad de prueba 15000 RPM) para reducir la vibración durante la perforación a alta velocidad (amplitud $<0,005$ mm).

3. Material de carburo para brocas de agujeros profundos

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 70-100 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800°C , adecuado

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 80-120 horas.

K40: Contenido de cobalto 12%, dureza HV 1600-1800, resistencia a la flexión 2200-2500 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil de hasta 100-150 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100) y la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) . Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia al calor y a la oxidación.

4. Fabricación de brocas de carburo para agujeros profundos

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: Torneado (excentricidad < 0,01 mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($Ra \leq 0,05$ micras), acabado de puntas de broca y enfriamiento de agujeros con abrasivos de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

5. Parámetros técnicos de la broca de carburo para agujeros profundos

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): acero 40-120 m/min, aleación de titanio 20-80 m/min, aleación de aluminio 80-200 m/min.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,15 mm/rev.

Profundidad de perforación (L/D): 5:1 a 30:1 (estándar), agujero profundo hasta 50:1 (con soporte de refrigerante interno).

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión del orificio <0,01 mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,4-1,5 micras.

6. Escenarios de aplicación de brocas de carburo cementado para agujeros profundos

Aeroespacial: Perforación de orificios para ejes de motores (diámetro 10-20 mm, profundidad 200-500 mm) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Industria automotriz: Procesamiento de orificios para cilindros hidráulicos (diámetro 15-30 mm), $Ra < 1,0$ micrón.

Equipos de energía: Perforación de agujeros profundos en ejes de turbinas (profundidad 300-800

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm), precisión $\pm 0,015$ mm.

Moho Fabricación: Procesamiento de orificios de enfriamiento del molde (diámetro 5-10 mm), Ra < 0,8 micrones.

Precauciones para el uso de brocas de carburo para agujeros profundos

Máquina herramienta: Taladradora especial de agujeros profundos o CNC de cinco ejes, descentramiento < 0,005 mm, potencia del husillo ≥ 5 kW.

Refrigeración: Sistema de refrigeración interno de alta presión (10-20 bar, 20-30 L/min) o refrigerante en spray externo.

Parámetros: Vc 100 m/min, fz 0,05 mm/rev, profundidad de perforación segmentada (5-10D por segmento).

Instalación: Coaxialidad < 0,002 mm, fuerza de sujeción 40-60 Nm.

Desgaste: Reemplace la punta de la broca cuando el desgaste VB alcance 0,3 mm o la pared del orificio esté rayada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita brocas de carburo cementado para agujeros profundos, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una broca escalonada de carburo?

1. Definición y función de la broca escalonada de carburo

Herramienta de corte rotativa de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de agujeros escalonados o de varios niveles. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de metales, la fabricación de moldes, la industria automotriz, la industria aeroespacial y la producción de piezas mecánicas. Su característica principal es que la hoja adopta un diseño escalonado o multidiámetro. Combinado con el excelente rendimiento del material de carburo en general, puede completar el procesamiento de agujeros o secciones de transición de diferentes diámetros en una sola perforación, reduciendo el proceso y el tiempo de procesamiento. La broca escalonada de carburo utiliza carburo como base, tiene alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, y es adecuada para taladrar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel y aleaciones de aluminio.

La geometría única de la cuchilla de la broca escalonada (que generalmente incluye de 2 a 5 niveles de diámetro) optimiza la fuerza de corte y la evacuación de viruta. Es ampliamente adecuada para máquinas herramienta CNC, taladradoras o centros de mecanizado, y puede completar eficientemente el procesamiento de agujeros escalonados, avellanados y biselados. La precisión de procesamiento puede alcanzar el nivel IT6-IT8 y la rugosidad superficial puede alcanzar Ra 0,4-1,2 micras. En comparación con el taladrado escalonado tradicional, las brocas escalonadas de carburo mejoran significativamente la eficiencia de procesamiento (eficiencia aumentada en un 40%-60%), la consistencia del diámetro del agujero (error <0,01 mm) y la vida útil de la herramienta (50-120 horas), y funcionan bien en escenarios que requieren conexión o ensamblaje de alta precisión. Tiene una alta flexibilidad de diseño y puede personalizar el tamaño y el ángulo de la cuchilla según la combinación de diámetro del agujero, la profundidad y el material de la pieza de trabajo. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM para optimizar dinámicamente los parámetros de taladrado.

2. Características estructurales de las brocas escalonadas de carburo

El diseño estructural de las brocas escalonadas de carburo busca lograr un taladrado eficiente en varias etapas, una excelente evacuación de virutas y resistencia a las vibraciones. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto (de acuerdo con la norma DIN 6535 HA/HB), con una disposición escalonada de múltiples filos en la hoja, combinada con capacidad de corte axial para adaptarse al procesamiento de agujeros complejos. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): que va desde 3 mm a 40 mm, las brocas de microescalones ($D < 6$ mm) se utilizan para el procesamiento de microagujeros, el tamaño mediano ($D = 6-20$ mm) es adecuado para agujeros escalonados generales, el tamaño grande ($D > 20$ mm) se utiliza para perforaciones pesadas,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

las combinaciones de diámetro de paso se pueden personalizar (como 3-5 mm, 10-15 mm).

de vástago : vástago recto (vástago plano DIN 6535 HA o HB sin vástago), el diámetro del vástago coincide con el diámetro máximo de corte, clase de tolerancia h6 (0/-0,006 mm), longitud del vástago (40-150 mm) personalizada según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina.

Longitud total (L): 60 mm a 300 mm, adecuado para centros de mecanizado CNC pequeños (60-150 mm) o de tamaño mediano (200-300 mm), extra largo (350 mm) para taladrado de agujeros profundos (profundidad hasta 10D).

Longitud de corte efectiva (l): 15 mm a 200 mm, la perforación superficial (15-50 mm) es adecuada para agujeros escalonados superficiales, la perforación profunda (100-200 mm) es adecuada para agujeros escalonados profundos o de varios niveles, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro máximo generalmente se controla entre 3:1 y 8:1.

Ángulo de hélice: 20°-40°, el valor estándar es 25°-35°, el diseño en espiral optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 30°-35° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la pared del orificio y 20°-25° se pueden seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia.

de corte : De 2 a 6 filos , según el diámetro y el número de pasos. El diseño estándar es de doble filo (2 filos). Cada paso adicional puede aumentar de 1 a 2 filos. Para diámetros medianos y grandes (D > 10 mm), puede alcanzar de 4 a 6 filos para mejorar la eficiencia de corte.

El filo escalonado adopta una transición de diámetro de varios niveles (la diferencia de diámetro de cada nivel es de 0,5-5 mm, el ángulo es de 5°-15°) y se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar la suavidad de cada perfil de paso ($R_a \leq 0,05$ micras). El cuerpo de la broca está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 12000 RPM) para reducir la vibración durante la perforación a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con orificios de refrigeración internos (diámetro 0,3-1 mm, presión 5-10 bar) o diseño antivibración, que mejora significativamente la descarga de viruta (eficiencia aumentada en un 20%-30%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte < 500 °C), adecuado para la perforación de agujeros profundos de varios niveles o el procesamiento de material pegajoso.

3. Material de broca escalonada de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 70-100 horas.

K30: Contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

vida útil de hasta 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100) y la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) . Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia térmica.

4. Fabricación de brocas escalonadas de carburo

El proceso de fabricación incluye:

Preparación de la materia prima: El polvo de carburo de tungsteno se mezcla con polvo de cobalto (precisión $\pm 0,1\%$), se agrega TiC o NbC , el tamaño de partícula es de 0,5 a 2 micrones, se muele con bolas durante 24 a 48 horas y se agrega dispersante de etanol para garantizar la uniformidad.

Prensado: La prensa hidráulica aplica 150-200 MPa, densidad 14,5-15,2 g/cm³ , se utiliza tecnología CIP para mejorar la uniformidad y la precisión del molde se controla dentro de $\pm 0,02$ mm.

Sinterización a alta temperatura: protección al vacío o hidrógeno, 1400°C-1600°C, 10-12 horas, calentamiento paso a paso para eliminar los poros.

Post-procesamiento: Torneado (excentricidad $< 0,01$ mm), rectificado (precisión $\pm 0,002$ mm), pulido ($Ra \leq 0,05$ micras), acabado del canto del escalón con abrasivo de diamante.

TiAlN (3-8 micras) o AlCrN (3-7 micras) depositado mediante proceso PVD para reducir el coeficiente de fricción y prolongar la vida útil.

5. Parámetros técnicos de la broca escalonada de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): 50-150 m/min para acero, 30-100 m/min para aleación de titanio, 100-250 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,15 mm/rev.

Profundidad de perforación (L/D): 3:1 a 10:1 (estándar), agujeros escalonados profundos hasta 15:1 (con soporte de refrigeración).

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión de paso $< 0,01$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,4-1,2 micras.

6. Escenarios de aplicación importantes de las brocas escalonadas de carburo

de moldes : Avellanado de moldes de taladrado (5-10 mm de diámetro, 20-40 mm de profundidad), $Ra < 0,8$ micras.

Industria del automóvil: Mecanizado de agujeros escalonados de culatas (diámetro 10-15 mm) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Aeroespacial: Perforación de orificios de conexión de aleación de titanio (profundidad 30-60 mm), $Ra < 1,0$ micrón.

Piezas mecánicas: Procesamiento de agujeros escalonados en asientos de cojinetes (diámetro 12-20 mm), precisión $\pm 0,005$ mm.

7. Precauciones para el uso de brocas escalonadas de carburo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Máquinas herramienta: CNC de tres o cinco ejes, concentricidad $<0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW.

Refrigeración: Fluido de corte de alta presión (10 bar, 15-20 L/min) o sistema de refrigeración interno.

Parámetros: Vc 120 m/min, fz 0,05 mm/rev, profundidad de perforación segmentada (5D por segmento).

Instalación: Coaxialidad $<0,002$ mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm.

Desgaste: Reemplazar cuando el desgaste de la cuchilla VB alcance 0,3 mm o se produzca deformación escalonada.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita brocas escalonadas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son las herramientas de mandrilado de carburo ?

Las herramientas de mandrinado de carburo son herramientas especiales que se utilizan para el ensanchamiento y acabado preciso de agujeros en el procesamiento mecánico. Gracias a su excelente dureza y resistencia al desgaste, ofrecen una solución eficiente y precisa para el procesamiento de agujeros internos en diversas piezas de trabajo. Estas herramientas de mandrinado se utilizan ampliamente en entornos de fabricación que requieren alta precisión y calidad, girando a baja velocidad y avanzando con precisión en tornos o mandrinadoras para completar el ensanchamiento, la calibración y el acabado superficial del agujero interior. Las herramientas de mandrinado de carburo se basan en carburo de tungsteno (WC), añadiendo cobalto (Co) como aglutinante, y se sinterizan mediante pulvimetalurgia de precisión. Los grados de material más comunes incluyen YG8 (alta tenacidad, apto para corte intermitente), YT15 (fuerte resistencia térmica, apto para el procesamiento de acero) e YW2 (excelente rendimiento integral, apto para condiciones de trabajo complejas). Sus diseños son diversos, con estructura de carburo integral y configuración flexible de cuchillas ajustables o reemplazables. El cuerpo de la herramienta suele estar fabricado en acero de alta resistencia para garantizar la estabilidad en procesos de alta carga y carrera larga.

1. Diseño y optimización de geometría

Las fresas de mandrinar de carburo son la clave para su funcionamiento eficiente. Los diseñadores ajustan cuidadosamente los parámetros para cumplir con los diferentes requisitos de procesamiento. El ángulo frontal de la herramienta generalmente se establece entre 5° y 10°. Este diseño de ángulo ayuda a reducir la fuerza de corte y mejora la formación de viruta; el ángulo posterior suele estar entre 6° y 12° para garantizar un contacto suave entre la fresa de mandrinar y la pared interior de la pieza de trabajo para evitar un desgaste excesivo; el chaflán del filo de corte (0,1-0,2 mm) mejora la capacidad de resistir el astillado dispersando la tensión, especialmente en el corte intermitente. Las fresas de mandrinar de un solo filo son adecuadas para el acabado de agujeros pequeños, con un rango de diámetro de 5 a 30 mm y una longitud de hasta 200 mm; las fresas de mandrinar de múltiples filos se utilizan para agujeros de gran diámetro, con un número de cuchillas que varía de 2 a 6 y un diámetro de hasta 50 a 200 mm, adecuadas para el mecanizado de alta resistencia; Las fresas de mandrinar ajustables alcanzan la precisión de apertura mediante un dispositivo de ajuste fino y se utilizan ampliamente en el mecanizado multiproceso. La optimización geométrica combina el diseño asistido por computadora (CAD) y el análisis de simulación para garantizar la estabilidad de la herramienta de mandrinar durante el mecanizado de alta precisión a baja velocidad (hasta 3000 rpm). La profundidad de la ranura de viruta (1-3 mm) se ajusta en función de la profundidad del agujero para garantizar una descarga fluida de la viruta.

2. Recubrimiento y tratamiento de superficies

La tecnología de recubrimiento ha proporcionado a las herramientas de mandrinado de carburo ventajas de rendimiento adicionales, lo que les permite hacer frente a entornos de mecanizado más complejos. Los recubrimientos de PVD (deposición física de vapor) como TiN (amarillo dorado, 2-5 micras de espesor) proporcionan protección primaria contra el desgaste y son particularmente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

adecuados para el mecanizado de metales no ferrosos; los recubrimientos de CVD (deposición química de vapor) como TiAlN (negro púrpura, 10-20 micras de espesor) son ideales para el mecanizado de acero y hierro fundido con su resistencia al calor de hasta 1000 °C. En términos de tratamiento de superficie, el proceso de pulido controla la rugosidad de la superficie a $Ra < 0,2$ micras para reducir la adhesión de viruta; la tecnología de microtexturizado láser forma ranuras microlubricantes en la superficie de la herramienta para reducir el coeficiente de fricción; algunas herramientas de mandrinado de alta gama utilizan nano-recubrimientos (como nano- TiAlN , con granos de menos de 50 nanómetros), lo que mejora significativamente el rendimiento en el mecanizado de ultraprecisión. La adhesión del revestimiento se verifica mediante pruebas de rayado (carga crítica > 70 N) para garantizar que el revestimiento no se desprenda durante el uso a largo plazo.

3. Características técnicas y prestaciones

Las fresas de mandrinado de carburo cementado las convierten en un potente asistente para el mecanizado de precisión y han ganado un alto reconocimiento en la industria. La velocidad de corte varía de 50 a 200 metros por minuto, dependiendo del material de la pieza de trabajo. Por ejemplo, el acero suele ser de 100 a 150 metros por minuto, mientras que el hierro fundido puede alcanzar de 150 a 200 metros por minuto. En términos de dureza, la dureza de las fresas de mandrinado está generalmente entre HV 1800 y 2100. YT15 puede alcanzar HV 2000 a 2100 debido al carburo de titanio, que es suficiente para hacer frente a piezas de trabajo de alta dureza. La tenacidad a la fractura es de 12 a 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$. El grado YG8 tiene una mayor tenacidad debido a su alto contenido de cobalto (8%), que es particularmente adecuado para el corte intermitente. La resistencia al desgaste es inferior a 0,03 milímetros cúbicos por Newton metro, y se reduce aún más a 0,02 milímetros cúbicos por Newton metro tras el recubrimiento, lo que prolonga considerablemente su vida útil. La resistencia térmica puede alcanzar hasta 1000 °C (gracias al recubrimiento CVD), lo que la hace estable en entornos de alta temperatura. La precisión de procesamiento se controla con un margen de error de 0,005 mm, lo que cumple con los requisitos de alta precisión para el procesamiento de agujeros internos.

4. Requisitos de tramitación y solicitudes

Las herramientas de mandrinado de carburo cementado reflejan su valor único en la fabricación de precisión. Los parámetros de corte varían según el material. Por ejemplo, la velocidad de corte del acero es de 100 a 150 metros por minuto, el avance es de 0,05 a 0,2 mm por revolución y la profundidad de corte es de 0,5 a 2 mm; el hierro fundido requiere una velocidad de corte de 150 a 200 metros por minuto, un avance de 0,1 a 0,3 mm por revolución y una profundidad de corte de 1 a 3 mm. La elección del método de refrigeración también es crucial. El corte en seco es adecuado para el hierro fundido y puede reducir el uso de refrigerante; el corte húmedo con refrigerante de emulsión o a base de aceite es más adecuado para acero y aleaciones de titanio, lo que puede reducir eficazmente el daño térmico; para el mandrinado de agujeros profundos, la refrigeración a alta presión (10-15 bar) mejora significativamente la eficiencia de arranque de viruta a través de canales de refrigeración internos. En aplicaciones prácticas, la industria automotriz a menudo utiliza fresas de mandrinado para procesar los agujeros internos de las camisas de cilindros y cigüeñales, que

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

requieren alta precisión y larga vida útil. La fabricación de moldes depende de él para afinar los orificios guía de las matrices de estampación, centrándose en la calidad de la superficie; la industria de la aviación, como la expansión de los orificios internos de las carcasas de los motores, también confía en su excelente rendimiento.

5. Desafíos y soluciones

Utilizando herramientas de mandrinado de carburo, estos problemas se pueden resolver adecuadamente mediante estrategias de afrontamiento científicas. Durante el proceso de mandrinado, la mala evacuación de la viruta es un problema común en el procesamiento de agujeros profundos, que se puede aliviar optimizando el diseño de la ranura de la viruta y añadiendo recubrimientos autolubricantes (como MoS₂); la acumulación de calor es propensa a ocurrir en el procesamiento de baja velocidad y alta carga, y un sistema de refrigeración eficiente y un recubrimiento resistente al calor pueden controlar eficazmente la temperatura; el descentramiento de la herramienta de mandrinado puede causar errores de apertura, y el uso de un cuerpo de herramienta de alta rigidez y un tratamiento de refuerzo del filo puede mejorar la estabilidad; para materiales duros, el desgaste acelerado es el principal problema, y el afilado regular o el uso de recubrimientos de diamante pueden prolongar significativamente la vida útil. Estas soluciones en conjunto garantizan la fiabilidad de las herramientas de mandrinado en condiciones de trabajo complejas.

6. Tendencias de optimización y desarrollo

Las herramientas de mandrinado de carburo cementado reflejan la búsqueda de la eficiencia y la inteligencia en la industria. En cuanto a la optimización estructural, el canal de refrigeración interno integrado reduce eficazmente la temperatura de la herramienta, el diseño ajustable del cabezal facilita la adaptación a diferentes aperturas y la tecnología de equilibrado dinámico mejora la estabilidad del procesamiento a baja velocidad y alta precisión. En cuanto a la innovación de materiales, el carburo nanocementado mejora la dureza y la tenacidad gracias a sus granos finos (menos de 0,5 micras), y el diseño de material con gradiente permite que la herramienta de mandrinado tenga alta dureza y tenacidad. La tendencia hacia la inteligencia permite integrar sensores en las herramientas de mandrinado para monitorizar el desgaste y la temperatura en tiempo real, y ajustar dinámicamente los parámetros de mandrinado en combinación con algoritmos de inteligencia artificial. En cuanto a la tecnología de fabricación, las tecnologías de impresión 3D, como la fusión selectiva por láser (SLM), permiten crear estructuras complejas de herramientas de mandrinado, como canales de refrigeración integrados, mientras que la tecnología de deposición láser permite reparar herramientas de mandrinado desgastadas. La tendencia de protección del medio ambiente ha promovido el desarrollo de recubrimientos de corte en seco (como los recubrimientos compuestos de grafeno), reduciendo la dependencia de los refrigerantes, mientras que el uso de materiales reciclables también reduce el impacto ambiental.

7. Vida útil y mantenimiento

La vida útil de las herramientas de mandrinado de carburo varía según las condiciones de procesamiento y los materiales de la pieza, y generalmente oscila entre 15 y 30 horas, por ejemplo,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

unas 20 horas para el procesamiento de acero y hasta 25 horas para el procesamiento de hierro fundido. El mantenimiento incluye el afilado regular, el uso de muelas de diamante para garantizar un error de ángulo inferior a $0,5^\circ$, la reparación del recubrimiento mediante tecnología CVD para restaurar el rendimiento y el preajuste láser para garantizar un error inferior a 0,005 mm. Estas medidas pueden prolongar eficazmente la vida útil de las herramientas de mandrinado. Tras el desguace de la herramienta de mandrinado, los materiales de tungsteno y cobalto que contiene se pueden reciclar y reutilizar fundiéndola y devolviéndola al horno, lo que refleja el concepto de desarrollo sostenible.

8. Estándares y certificación de la industria

Las herramientas de mandrinado de carburo cementado deben cumplir con las normas internacionales y nacionales, como la ISO 13399 de la norma ISO y la serie GB/T de la norma nacional china, para garantizar la calidad y la seguridad. En cuanto a la certificación, son esenciales las certificaciones de seguridad CE y medioambiental RoHS. Si lo necesita, puede contactar con CTIA GROUP para obtener la información técnica pertinente. CTIA GROUP ofrece a los usuarios asesoramiento profesional para la selección y el funcionamiento.

9. Clasificación detallada de herramientas de mandrinado de carburo

Las herramientas de mandrinado de carburo se pueden dividir en varias categorías según los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación, cada tipo tiene su propio diseño y propósito únicos:

Herramienta de mandrinado de un solo filo : Adecuada para el acabado de agujeros pequeños, con diámetros de 5 a 30 mm y longitudes de hasta 200 mm. Ángulo de ataque de 5° a 8° , ángulo de retroceso de 6° a 10° , calidad YG8, recubrimiento de TiN (espesor de 2 a 5 micras) para mayor resistencia al desgaste. Velocidad de corte de 100 a 150 m/min, precisión inferior a 0,005 mm, ampliamente utilizada para agujeros pequeños en ejes y el procesamiento de asientos de cojinetes.

Herramienta de mandrinado multifilo : Se utiliza para el desbaste y acabado de agujeros de gran diámetro, con 2 a 6 filos y diámetros de 50 a 200 mm. Ángulo de ataque de 5° a 10° , ángulo de retroceso de 6° a 12° , calidad YT15, recubrimiento de TiAlN (espesor de 10-20 micras) para una mayor resistencia al calor. Velocidad de corte de 100 a 200 m/min, precisión inferior a 0,01 mm, comúnmente utilizada en maquinaria pesada y carcasas de motores.

Herramienta de mandrinado ajustable : Se utiliza un dispositivo de ajuste fino para lograr la precisión del diámetro del agujero, con un rango de diámetro de perforación de 20 a 150 mm. El ángulo frontal es de 5° a 10° , el ángulo posterior de 6° a 12° y se selecciona el grado YW2. El recubrimiento multicapa (como $\text{TiN}+\text{Al}_2\text{O}_3$) proporciona un rendimiento integral. La velocidad de corte es de 80 a 150 metros por minuto, con una precisión inferior a 0,005 mm. Se utiliza ampliamente en el procesamiento multiproceso y complejo de agujeros internos.

10. Selección y emparejamiento

La elección de la herramienta de mandrinado de carburo adecuada requiere una consideración exhaustiva del material de la pieza y el tipo de procesamiento. Por ejemplo, las herramientas de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mandrinado multifilo YT15 se utilizan para el acabado de acero, las herramientas de mandrinado de un solo filo YG8 para el desbaste de fundición, y las herramientas de mandrinado ajustables YW2 con recubrimientos multicapa son más adecuadas para el procesamiento complejo de agujeros internos. El rendimiento de la máquina herramienta también es crucial, con una potencia de husillo de más de 5 kilovatios y una velocidad de 1000 a 3000 rpm para aprovechar al máximo el potencial de la herramienta de mandrinado.

11. Tabla resumen de clasificación

Tipo de herramienta de mandrinado	Número de cuchillas	diámetro (milímetros)	Ángulo frontal (°)	Ángulo trasero (°)	Aplicable Marca	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Precisión (mm)	Aplicaciones típicas
Herramienta de mandrinado de un solo filo	1	5-30	5-8	6-10	YG8	TiN (2-5 μm)	100-150	0,5-2	<0,005	Orificio de eje pequeño, carcasa de cojinete
Herramienta de mandrilado de múltiples filos	2-6	50-200	5-10	6-12	YT15	TiAlN (10-20 μm)	100-200	1-3	<0,01	Maquinaria pesada, vivienda
Herramienta de mandrilado ajustable	-	20-150	5-10	6-12	YW2	TiN + Al ₂ O ₃	80-150	0,5-2	<0,005	Agujero interior complejo, múltiples procesos

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita herramientas de mandrinado de carburo cementado , le ofrecemos servicios personalizados, precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com
Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat : "China Tungsten Online"




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

apéndice:

herramienta de mandrinado de carburo de un solo filo ?

1. Definición y función de la herramienta de mandrinado de un solo filo de carburo

La herramienta de mandrinado de carburo de un solo filo es una herramienta de corte de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de precisión de agujeros internos y operaciones de mandrinado. Es ampliamente utilizada en el procesamiento mecánico, fabricación de moldes, industria aeroespacial, industria automotriz, producción de equipos de energía y otros campos. Su característica principal es el diseño de un solo filo de corte, combinado con el excelente rendimiento del material general de carburo cementado, que puede lograr un acabado de agujeros internos de alta precisión, ajuste del diámetro del agujero y optimización del acabado superficial. La herramienta de mandrinado de carburo de un solo filo se basa en carburo cementado, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas, adecuada para mandrinar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleación a base de níquel y hierro fundido. El diseño de un solo filo reduce las fluctuaciones de la fuerza de corte (tasa de dispersión de fuerza <10%) mediante un único punto de corte. Combinado con una estructura de barra de herramientas ajustable, es ampliamente compatible con máquinas herramienta CNC (CNC), mandrinadoras o centros de mecanizado. Permite realizar eficientemente la expansión de agujeros, el mandrinado de precisión, el biselado y el mecanizado de superficies internas, con una precisión de mecanizado de hasta IT5-IT7 y una rugosidad superficial de Ra de 0,1-0,6 micras.

En comparación con las herramientas de mandrinado multifilo, las herramientas de mandrinado de carburo de un solo filo ofrecen mayor flexibilidad (precisión de ajuste de $\pm 0,005$ mm) y un mejor control de viruta (eficiencia de arranque de viruta incrementada entre un 15 % y un 25 %) en agujeros de diámetro pequeño (<10 mm) o con requisitos de alta precisión. Son especialmente adecuadas para procesos que requieren un ajuste preciso del diámetro del agujero o formas internas complejas. Su diseño es altamente flexible y el tamaño, el ángulo y la longitud del mango de la cuchilla se pueden personalizar según el diámetro, la profundidad y el material del agujero. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM para optimizar dinámicamente los parámetros de corte y mejorar la calidad del procesamiento y la vida útil de la herramienta.

2. Características estructurales de las fresas de mandrinar de un solo filo de carburo

Las herramientas de mandrinado de carburo de un solo filo buscan un mandrinado de alta precisión, excelente arranque de viruta y gran capacidad de ajuste. Suelen tener un mango recto o cónico, con una disposición de un solo filo en la hoja, combinada con una barra portaherramientas ajustable para adaptarse a diferentes diámetros y profundidades de agujero. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): Con un rango de 2 mm a 50 mm, las microherramientas de mandrinado de un solo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

filo ($D < 6$ mm) se utilizan para el mandrinado fino de microagujeros, las de tamaño mediano ($D = 6 - 20$ mm) son adecuadas para el procesamiento general de agujeros internos, y las de tamaño grande ($D > 20$ mm) para el mandrinado pesado. El diámetro del filo de corte se puede ajustar con precisión mediante el mandril de la herramienta.

vástago : vástago recto (DIN 6535 HA/HB) o vástago cónico (BT40, CAT50, HSK-A63), el diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte máximo, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), longitud del vástago (50-300 mm) personalizada según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina herramienta, el vástago cónico mejora la transmisión de alto torque (rango de torque 20-100 Nm).

Longitud total (L): 100 mm a 500 mm, adecuado para pequeñas máquinas CNC (100-200 mm) o máquinas de mandrilado pesadas (300-500 mm), extra largo (600 mm) para mandrilado de agujeros profundos (profundidad hasta 20D).

Longitud de corte efectiva (l): 20 mm a 400 mm, el taladrado superficial (20-80 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el taladrado profundo (200-400 mm) es adecuado para agujeros profundos o taladrado de varias etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 5:1 y 15:1.

Ángulo de hélice: $0^{\circ} - 30^{\circ}$ (borde recto o microhélice), el valor estándar es $10^{\circ} - 20^{\circ}$, optimiza la eliminación de viruta y la reducción de la vibración, $15^{\circ} - 20^{\circ}$ se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie y $0^{\circ} - 10^{\circ}$ se puede usar para desbaste para mejorar la resistencia.

El rango de ajuste de la cuchilla es de 0,01 a 5 mm (ajuste fino). La apertura se puede controlar con precisión mediante la rosca del vástago o el mecanismo de ajuste excéntrico, con una precisión de $\pm 0,005$ mm.

El filo único adopta un diseño de corte de punto único (ángulo de filo de 90° a 120°) y se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar filos de corte lisos ($Ra \leq 0,02$ micras) y precisión geométrica. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, velocidad de prueba 12 000 RPM) para reducir la vibración durante el mandrinado a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,3-1,5 mm, presión de 5-15 bar) o ranuras externas para viruta, que mejoran significativamente la eliminación de viruta (aumento de la eficiencia del 20 % al 30 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 500^{\circ}\text{C}$), adecuados para el mandrinado de agujeros profundos o el procesamiento de materiales pegajosos. Algunos modelos introducen un diseño de cabezal de corte reemplazable, y el cabezal de corte y la barra de herramientas están conectados mediante roscas de alta precisión (tolerancia 6H/6g), lo que es conveniente para el reemplazo rápido y el reafileado de la cuchilla.

3. Material de herramienta de mandrinado de un solo filo de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 60-80 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 70-100 horas.

K20: Contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil de hasta 80-120 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-800 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia térmica y la microestructura.

Fabricación de herramientas de mandrinado de carburo de un solo filo

El proceso de fabricación incluye múltiples pasos de precisión, desde la preparación de la materia prima hasta el recubrimiento final, para garantizar la precisión geométrica, la durabilidad y la estabilidad del rendimiento de la herramienta. A continuación, se detalla el proceso de fabricación:

Preparación de materias primas:

Relación del material: El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según la marca (6%-12%), se agrega carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla entre 0,5 y 2 micrones.

Proceso de mezcla: La mezcla húmeda se realiza utilizando un molino de bolas planetario (50-100 RPM, 24-48 horas), con etanol añadido como dispersante para asegurar la homogeneidad del polvo (segregación $< 1\%$).

Inspección de calidad: Se utiliza un analizador láser de tamaño de partículas para detectar la distribución del tamaño de las partículas, y un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF) para analizar la composición química. La desviación se controla dentro de un margen de $\pm 0,05\%$.

Moldeo por compresión:

Parámetros del proceso: Prensa hidráulica con presión de 150-200 MPa para formar el cuerpo de la herramienta en blanco con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ , prensado isostático en frío (CIP, 150-200 MPa, 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad.

Diseño del molde: El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55), con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte por láser y electroerosión para garantizar la precisión del conformado de la cuchilla.

Control de calidad: La densidad de los espacios en blanco se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,1$ g/cm³), la porosidad interna se comprueba mediante microscopía ($< 0,5\%$).

Sinterización a alta temperatura:

Condiciones del proceso: horno de vacío (presión 10^{-2} Pa) o protección de hidrógeno, temperatura 1400°C-1600°C, duración 10-12 horas, calentamiento por etapas (50°C por hora, etapa de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

precalentamiento 300°C-600°C) para eliminar volátiles.

Optimización del proceso : Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño del grano a 1-2 micrones y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar <50 HV).

Inspección de calidad: Microscopio electrónico de barrido (SEM) para analizar la microestructura, probador de dureza Vickers para probar la dureza (HV 1800-2200).

Posprocesamiento:

Torneado: Torneado exterior con herramientas CBN, precisión de concentricidad <0,01 mm, rugosidad superficial $Ra \leq 0,2$ micras.

Rectificado: Rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión para filo de corte (precisión $\pm 0,002$ mm), error de perfil de filo de corte <0,005 mm, superficie $Ra \leq 0,02$ micrones.

Pulido: Abrasivo de diamante con tamaño de grano W0.5-W1.0, filo $Ra \leq 0,01$ micrón , pulido electrolítico (densidad de corriente 0,1 A/cm²) para eliminar rebabas microscópicas.

Tratamiento del borde: Chaflán de la punta de la broca (0,1-0,2 mm, ángulo 5°-10°) para mejorar la resistencia al astillado, geometría del borde calibrada mediante interferómetro láser.

Tratamiento de recubrimiento:

Tecnología de proceso: El recubrimiento se consigue mediante el proceso PVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura 400-500°C, velocidad de deposición 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$).

Tipo de recubrimiento: TiAlN (espesor 3-8 micrones, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micrones, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micrones, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción <0,1), reduce el coeficiente de fricción (<0,3), aumenta la vida útil en un 30%-50%.

Inspección de calidad: SEM para verificar la uniformidad del recubrimiento, nanoindentador para probar la dureza y la adhesión (>70 N), desviación de espesor <0,5 micrones.

Inspección final y embalaje:

Prueba de rendimiento: La máquina de medición de coordenadas (CMM) verifica el diámetro y la precisión de la hoja (<0,01 mm), la máquina equilibradora dinámica corrige el desequilibrio (<5 g·mm/kg).

Tratamiento superficial: Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para evitar la oxidación.

Marcado: Grabado láser con diámetro, longitud, grado y número de lote para garantizar la trazabilidad.

5. Parámetros técnicos de la herramienta de mandrinado de un solo filo de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (V_c): 50-150 m/min para acero, 30-100 m/min para aleación de titanio, 100-250 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (f_z): 0,01-0,15 mm/rev.

Profundidad de corte (a_p): 0,05-5 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión del orificio <0,005 mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,1-0,6 micras.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Escenarios de fresas de mandrinado de un solo filo de carburo cementado

Las herramientas de mandrinado de un solo filo de carburo se utilizan ampliamente en diversos sectores industriales gracias a su alta precisión y capacidad de ajuste. A continuación, se presenta una descripción detallada de casos específicos, datos técnicos y antecedentes del sector:

de moldes :

Aplicación: Perforación fina de orificios internos de moldes, orificios guía y orificios de posicionamiento, los diámetros comunes son de 6 a 20 mm y las profundidades son de 20 a 100 mm.

Caso práctico: Una fábrica de moldes utiliza una herramienta de mandrinado de un solo filo de 10 mm de diámetro para realizar el mandrilado fino del orificio del poste guía de la matriz de estampación. La velocidad de corte es de 100 m/min, el avance es de 0,05 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento es de $\pm 0,003$ mm, el Ra es de 0,2 micras, la vida útil de la herramienta es de 80 horas y la producción anual es de 1500 juegos de moldes, con una mejora de la eficiencia del 35 %.

Características técnicas : Se requiere un alto acabado y coaxialidad , y el sistema de refrigeración interno (10 bar) admite el procesamiento de orificios profundos.

industria automotriz:

Aplicación: Procesamiento de orificios de cilindros de motores, orificios de bielas y orificios de carcasas de cajas de cambios, con diámetros típicos de 15-30 mm y profundidades de 30-150 mm.

Caso: Una empresa de autopartes utiliza una herramienta de mandrinado de un solo filo de 20 mm de diámetro para procesar orificios de cilindros, con una velocidad de corte de 80 m/min y un avance de 0,04 mm/rev. La redondez del orificio después del procesamiento es $< 0,005$ mm, la Ra es de 0,3 micras y la vida útil de la herramienta es de 90 horas. Produce 600.000 cilindros al año, lo que reduce los procesos en un 20 %.

Antecedentes de la industria: con la creciente demanda de carcasas de motores de vehículos eléctricos, el taladrado de precisión de aleaciones de aluminio y de magnesio se ha convertido en un foco, y ha aumentado la demanda de recubrimientos antiadherentes (como DLC) para herramientas de taladrado de un solo filo.

Aeroespacial:

Aplicación: taladrar orificios de conexión de fuselaje de aleación de titanio o acero de alta resistencia y orificios de puntal de tren de aterrizaje, diámetro común 10-25 mm, profundidad 50-200 mm.

Caso: Una aerolínea utilizó una herramienta de mandrinado de un solo filo de 15 mm de diámetro para procesar orificios de tren de aterrizaje de aleación de titanio. La velocidad de corte fue de 50 m/min, el avance fue de 0,03 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento fue de $\pm 0,004$ mm, el Ra fue de 0,2 micras, la vida útil de la herramienta fue de 100 horas y cumplía con la norma AS9100.

Características técnicas: Requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de enfriamiento interna debe ser superior a 15 bar.

Fabricación de equipos energéticos:

Aplicación: Procesamiento de orificios de ejes de turbinas, orificios internos del cuerpo de la bomba y orificios del cuerpo de la válvula, los diámetros comunes son de 20 a 40 mm y las profundidades

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

son de 100 a 300 mm.

Caso práctico: Un fabricante de equipos de energía utiliza una herramienta de mandrinado de un solo filo de 25 mm de diámetro para procesar orificios en cuerpos de bombas hidráulicas. La velocidad de corte es de 70 m/min, el avance es de 0,06 mm/rev, el error de diámetro del orificio después del procesamiento es $<0,01$ mm, el Ra es de 0,5 micras, la vida útil de la herramienta es de 110 horas y la producción anual es de 4000 cuerpos de bombas, con una mejora de la eficiencia del 30 %.

Antecedentes de la industria: Debido a que los equipos de energía eólica y nuclear tienen mayores requisitos de precisión en agujeros profundos, el diseño resistente a las vibraciones y el canal de enfriamiento de las fresas de mandrinado de un solo filo se han vuelto claves.

Dispositivos médicos:

Aplicación: Perforación de orificios internos de implantes ortopédicos o de posicionamiento de orificios de instrumentos quirúrgicos, con diámetros comunes de 4-10 mm y profundidades de 10-50 mm.

Caso: Una empresa médica utilizó una herramienta de mandrinado de un solo filo de 6 mm de diámetro para procesar el orificio interior de una articulación de cadera de aleación de titanio. La velocidad de corte fue de 40 m/min, el avance fue de 0,02 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento fue de $\pm 0,002$ mm, el Ra fue de 0,1 micras, la vida útil de la herramienta fue de 60 horas y cumplió con los estándares de biocompatibilidad de la FDA.

Características técnicas: Requiere una precisión y calidad de superficie extremadamente altas, a menudo utiliza recubrimiento TiAlN para reducir la contaminación del metal.

Partes mecánicas:

Aplicación: Procesamiento de orificios de asientos de cojinetes, orificios de ejes de engranajes y orificios internos de la carcasa de la bomba, los diámetros comunes son de 12 a 30 mm y las profundidades son de 50 a 150 mm.

Caso práctico: Una empresa de fabricación de maquinaria utiliza una herramienta de mandrinado de un solo filo con un diámetro de 18 mm para procesar orificios de asientos de cojinetes. La velocidad de corte es de 90 m/min, el avance es de 0,05 mm/rev, la redondez del orificio después del procesamiento es $<0,006$ mm, el Ra es de 0,4 micras, la vida útil de la herramienta es de 85 horas y la producción anual de 100.000 asientos de cojinetes es un 25 % mayor.

Antecedentes de la industria: A medida que aumenta la demanda de procesamiento de orificios profundos de gran diámetro en maquinaria pesada, la rigidez y la durabilidad de las herramientas de mandrinado de un solo filo se convierten en una ventaja competitiva.

Precauciones para el uso de herramientas de mandrinado de carburo de un solo filo

Máquina herramienta: CNC de tres o cinco ejes, descentramiento $<0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW, se recomienda utilizar una mandrinadora de alta rigidez (rigidez de la guía >3000 N / μm).

Refrigeración: Fluido de corte a alta presión (10 bar, 15-20 L/min) o sistema de refrigeración interno (presión 5-15 bar). Los materiales viscosos (como el acero inoxidable) requieren una refrigeración mejorada (aumento del caudal a 25 L/min).

Parámetros: Vc 100 m/min, fz 0,05 mm/rev, segmento de profundidad de corte (5D por segmento), el avance en el segmento de transición de mandrinado se reduce a la mitad para reducir la vibración.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Instalación : Coaxialidad <0,002 mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm (vástago recto) o 40-60 Nm (vástago cónico), calibre la coaxialidad del vástago de la herramienta antes de la instalación.

Desgaste: Reemplace la cuchilla cuando el desgaste VB alcance 0,3 mm, el diámetro del orificio esté fuera de tolerancia (>0,01 mm) o se produzcan rayones en la superficie. Se recomienda revisarla cada 20 horas y registrar los datos de desgaste para optimizar el ciclo de uso.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita herramientas de mandrinado de un solo filo de carburo cementado , le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una herramienta de mandrinado multifilo de carburo?

1. Definición y función de la herramienta de mandrinado multifilo de carburo cementado

Las fresas de mandrinar multifilo de carburo son herramientas de corte de alto rendimiento diseñadas para el procesamiento eficiente y preciso de agujeros internos y operaciones de mandrinado. Son ampliamente utilizadas en mecanizado, fabricación de moldes, industria aeroespacial, industria automotriz, producción de equipos de energía y fabricación de maquinaria pesada. Su característica principal es el uso de un diseño de múltiples filos de corte (generalmente 2-6 filos), combinado con el excelente rendimiento del material general de carburo cementado, que puede lograr un mandrinado en desbaste, semiacabado y acabado de alta eficiencia, especialmente adecuado para el procesamiento de agujeros de gran diámetro o profundos. Las fresas de mandrinar multifilo de carburo se basan en carburo cementado, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, adecuadas para mandrinar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel, hierro fundido y aleaciones de aluminio. El diseño multihoja distribuye la fuerza de corte a través de múltiples puntos de corte (tasa de dispersión de fuerza del 20% al 40%), lo que mejora la eficiencia y la estabilidad del procesamiento. Es ideal para máquinas herramienta CNC (CNC), mandrinadoras, centros de mecanizado o equipos de mandrinado especiales, y permite realizar eficientemente la expansión de agujeros, el mandrinado de precisión, el biselado y el procesamiento de superficies internas. La precisión de procesamiento alcanza los niveles IT5-IT7, y la rugosidad superficial alcanza Ra de 0,2-0,8 micras.

Las herramientas de mandrinado multifilo de carburo ofrecen mayor velocidad de corte (30-50%) y resistencia a la vibración (15-25%) en orificios de diámetro medio a grande (>10 mm) o en escenarios con alta tasa de extracción de metal, y son especialmente adecuadas para cargas pesadas y entornos de producción en masa. Su diseño es altamente flexible y el número de filos, la geometría del filo y la longitud del vástago se pueden personalizar según el diámetro del orificio, la profundidad y el material de la pieza. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM (como HyperMill y Edgecam) para optimizar dinámicamente los parámetros de corte y mejorar la eficiencia del procesamiento y la vida útil de la herramienta.

2. Características estructurales de las fresas de mandrinar multifilo de carburo cementado

Las fresas de mandrinar multifilo de carburo buscan un mandrinado eficiente, alta rigidez y excelente evacuación de viruta. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto, mango cónico o barra de herramientas modular, con diseño de múltiples filos en espiral o recto, combinando capacidades de corte radial y axial para adaptarse al procesamiento complejo de agujeros internos. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

Diámetro (D): Con un rango de 10 mm a 100 mm, las microherramientas de mandrinado multifilo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

($D < 15$ mm) se utilizan para el mandrinado fino de agujeros pequeños, las de tamaño mediano ($D = 15-50$ mm) son adecuadas para el mecanizado general de agujeros internos, y las de tamaño grande ($D > 50$ mm) se utilizan para mandrinado pesado o agujeros de gran diámetro. El diámetro del filo de corte se puede ajustar con precisión mediante el mandril de la herramienta.

de vástago : vástago recto (DIN 6535 HA/HB), vástago cónico (BT40, CAT50, HSK-A63) o vástago modular, el diámetro del vástago coincide con el diámetro máximo de corte, clase de tolerancia h6 ($0/-0,006$ mm), longitud del vástago (100-500 mm) personalizada según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina, el vástago cónico o el diseño modular admiten una transmisión de alto torque (rango de torque 50-200 Nm).

Longitud total (L): 150 mm a 800 mm, adecuado para máquinas perforadoras CNC de tamaño mediano (150-300 mm) o de gran potencia (400-800 mm), extra largo (1000 mm) para perforaciones profundas (profundidad hasta 25D).

Longitud de corte efectiva (l): 30 mm a 600 mm, el taladrado superficial (30-100 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el taladrado profundo (300-600 mm) es adecuado para agujeros profundos o taladrado de varias etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 5:1 y 20:1.

Ángulo de hélice: $10^{\circ}-40^{\circ}$, el valor estándar es $15^{\circ}-30^{\circ}$, el diseño en espiral optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, $25^{\circ}-30^{\circ}$ se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie, $10^{\circ}-20^{\circ}$ se puede seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia, algunos modelos personalizados admiten un ángulo de hélice gradual ($10^{\circ}-35^{\circ}$) para adaptarse al corte de agujeros profundos.

de corte : De 2 a 6 filos , según el diámetro y los requisitos de procesamiento. Los diámetros pequeños ($D < 20$ mm) tienen de 2 a 3 filos, mientras que los diámetros medianos y grandes ($D > 20$ mm) tienen de 4 a 6 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere máquinas herramienta de alta rigidez y refrigeración. Un error de espaciado de filos $< 0,02$ mm garantiza una fuerza de corte uniforme.

El multi-filo adopta un diseño de corte multipunto simétrico o asimétrico (ángulo del filo $90^{\circ}-120^{\circ}$), que es procesado por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para asegurar la suavidad del filo de corte ($Ra \leq 0,02$ micras) y precisión geométrica. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 15000 RPM) para reducir la vibración (amplitud $< 0,005$ mm) en el mandrilado a alta velocidad . Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro 0,5-2 mm, presión 5-20 bar) o ranuras externas para virutas (ancho 1-2 mm), que mejoran significativamente la eliminación de virutas (eficiencia aumentada en un 25%-35%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), adecuado para el mandrilado de agujeros profundos o el procesamiento de material pegajoso. Algunos modelos introducen un diseño de cabezal de corte modular, que está conectado al cabezal de corte y a la barra de herramientas mediante roscas de alta precisión o bayoneta (tolerancia 6H/6g), lo que es conveniente para el reemplazo rápido y el reafileado de la cuchilla, y la longitud modular puede alcanzar los 500 mm.

3. Material para herramientas de mandrinado multifilo de carburo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 70-100 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 80-120 horas.

K40: Contenido de cobalto 12%, dureza HV 1600-1800, resistencia a la flexión 2200-2500 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil de hasta 100-150 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-900 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia térmica, la resistencia a la oxidación y la uniformidad microestructural.

4. Fabricación de herramientas de mandrinado multifilo de carburo cementado

El proceso de fabricación incluye múltiples pasos de precisión, desde la preparación de la materia prima hasta el recubrimiento final, para garantizar la precisión geométrica, la durabilidad y la estabilidad del rendimiento de la herramienta. A continuación, se detalla el proceso de fabricación:

Preparación de materias primas:

Relación del material: El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según la marca (6%-12%), se agrega carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla entre 0,5 y 2 micrones.

Proceso de mezcla: La mezcla húmeda se realiza utilizando un molino de bolas planetario (50-100 RPM, 24-48 horas), con etanol añadido como dispersante para asegurar la homogeneidad del polvo (segregación $<1\%$).

Inspección de calidad: Se utiliza un analizador láser de tamaño de partículas para detectar la distribución del tamaño de las partículas, y un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF) para analizar la composición química. La desviación se controla dentro de un margen de $\pm 0,05\%$.

Moldeo por compresión:

Parámetros del proceso: Prensa hidráulica con presión de 150-200 MPa para formar el cuerpo de la herramienta en blanco con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ , prensado isostático en frío (CIP, 150-200 MPa, 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad.

Diseño del molde : El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55), con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte por láser y electroerosión para garantizar la precisión del conformado de múltiples cuchillas.

Control de calidad : La densidad de los espacios en blanco se mide mediante el método de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Arquímedes ($\text{error} < 0,1 \text{ g/cm}^3$), la porosidad interna se verifica mediante microscopía ($< 0,5\%$).

Sinterización a alta temperatura:

Condiciones del proceso: horno de vacío (presión 10^{-2} Pa) o protección de hidrógeno, temperatura 1400°C - 1600°C , duración 10-12 horas, calentamiento por etapas (50°C por hora, etapa de precalentamiento 300°C - 600°C) para eliminar volátiles.

Optimización del proceso: Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño del grano a 1-2 micrones y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar $< 50 \text{ HV}$).

Inspección de calidad: Microscopio electrónico de barrido (SEM) para analizar la microestructura, probador de dureza Vickers para probar la dureza (HV 1800-2200).

Posprocesamiento:

Torneado: Torneado exterior con herramientas CBN, precisión de concentricidad $< 0,01 \text{ mm}$, rugosidad superficial $R_a \leq 0,2 \text{ micras}$.

Rectificado: La rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión procesa múltiples filos de corte (precisión $\pm 0,002 \text{ mm}$), error de perfil del filo de corte $< 0,005 \text{ mm}$, superficie $R_a \leq 0,02 \text{ micrones}$.

Pulido: Abrasivo de diamante con tamaño de grano W0.5-W1.0, filo $R_a \leq 0,01 \text{ micrón}$, pulido electrolítico (densidad de corriente $0,1 \text{ A/cm}^2$) para eliminar rebabas microscópicas.

Tratamiento del filo: Punta de la hoja biselada ($0,1$ - $0,2 \text{ mm}$, ángulo 5° - 10°) para mejorar la resistencia al astillado, geometría de la hoja calibrada mediante interferómetro láser.

Tratamiento de recubrimiento:

Tecnología de proceso: El recubrimiento se consigue mediante el proceso PVD (presión 10^{-3} Pa , temperatura 400 - 500°C , velocidad de deposición $0,1$ - $0,2 \text{ }\mu\text{m/h}$).

Tipo de recubrimiento: TiAlN (espesor 3-8 micrones, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micrones, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micrones, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $< 0,1$), reduce el coeficiente de fricción ($< 0,3$), aumenta la vida útil en un 30%-50%.

Inspección de calidad: SEM para verificar la uniformidad del recubrimiento, nanoindentador para probar la dureza y la adhesión ($> 70 \text{ N}$), desviación de espesor $< 0,5 \text{ micrones}$.

Pruebas y embalaje:

Prueba de rendimiento: La máquina de medición de coordenadas (CMM) verifica el diámetro y la precisión de la hoja ($< 0,01 \text{ mm}$), la máquina de equilibrio dinámico corrige el desequilibrio ($< 5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$).

Tratamiento superficial: Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para evitar la oxidación.

Marcado: Grabado láser con diámetro, longitud, número de flautas, grado y número de lote para garantizar la trazabilidad.

5. Parámetros técnicos de las fresas de mandrinar multifilo de carburo cementado

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C - 1000°C .

Velocidad de corte (V_c): 50 - 200 m/min para acero, 30 - 120 m/min para aleación de titanio, 100 - 300 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz): $0,02$ - $0,25 \text{ mm/rev}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Profundidad de corte (ap): 0,1-10 mm.

Tolerancia: diámetro $\pm 0,01$ mm, precisión del orificio $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,2-0,8 micras.

6. Escenarios de aplicación de las fresas de mandrinar multifilo de carburo cementado

Las fresas de mandrinar multifilo de carburo se utilizan ampliamente en diversos sectores industriales gracias a su alta eficiencia y a su capacidad para compartir la fuerza de corte. A continuación, se presenta una descripción detallada de casos específicos, datos técnicos y antecedentes del sector:

de moldes :

Aplicación: Perforación fina y rugosa de cavidades de moldes, casquillos guía y orificios de refrigeración, los diámetros típicos son de 20 a 50 mm y las profundidades de 50 a 200 mm.

Caso práctico: Una fábrica de moldes utiliza una herramienta de mandrinado de 4 filos y 30 mm de diámetro para realizar el desbaste de la cavidad interior del molde de estampación. La velocidad de corte es de 150 m/min, el avance es de 0,15 mm/rev, la tolerancia del diámetro del agujero después del procesamiento es de $\pm 0,008$ mm, el Ra es de 0,5 micras, la vida útil de la herramienta es de 100 horas y la producción anual es de 1200 juegos de moldes, con una mejora de la eficiencia del 40 %.

Características técnicas: Se requiere una alta tasa de remoción de metal y estabilidad, y el sistema de enfriamiento interno (15 bar) admite el procesamiento de orificios profundos.

industria automotriz:

Aplicación: Procesamiento de orificios de cilindros de motores, orificios de husillos de cigüeñales y orificios de carcasas de cajas de cambios, con diámetros típicos de 30-70 mm y profundidades de 80-250 mm.

Caso: Una empresa de autopartes utiliza una herramienta de mandrinado de 6 filos y 50 mm de diámetro para realizar el mandrilado fino del orificio del eje principal del bloque de cilindros. La velocidad de corte es de 120 m/min, el avance es de 0,10 mm/rev, la redondez del orificio después del procesamiento es $< 0,006$ mm, el Ra es de 0,3 micras, la vida útil de la herramienta es de 120 horas, la producción anual es de 800.000 bloques de cilindros y el tiempo de proceso se reduce en un 25 %.

Antecedentes de la industria: La demanda de procesamiento de orificios de gran diámetro en carcasas de motores de vehículos eléctricos y sistemas de transmisión ha aumentado, y la alta eficiencia de las herramientas de mandrinado de múltiples filos se ha convertido en una ventaja.

Aeroespacial:

Aplicación: taladrar orificios de conexión de fuselaje de aleación de titanio o acero de alta resistencia y orificios de puntal de tren de aterrizaje, diámetro común 25-60 mm, profundidad 100-300 mm.

Caso: Una aerolínea utilizó una herramienta de mandrinado de 40 mm de diámetro y 4 filos para procesar orificios de tren de aterrizaje de aleación de titanio. La velocidad de corte fue de 80 m/min, el avance fue de 0,08 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento fue de $\pm 0,005$ mm, el Ra fue de 0,2 micras, la vida útil de la herramienta fue de 130 horas y cumplía con la norma AS9100.

Características técnicas: Requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de enfriamiento

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

interna debe ser superior a 20 bar.

Fabricación de equipos energéticos:

Aplicación: Procesamiento de orificios de ejes de turbinas, orificios grandes del cuerpo de la bomba y orificios del cuerpo de la válvula, los diámetros comunes son de 40 a 100 mm y las profundidades son de 200 a 500 mm.

Caso práctico: Un fabricante de equipos de energía utiliza una mandrina de 6 filos y 60 mm de diámetro para procesar orificios en cuerpos de bombas hidráulicas. La velocidad de corte es de 100 m/min, el avance es de 0,12 mm/rev, el error de diámetro del orificio después del procesamiento es $<0,01$ mm, el Ra es de 0,6 micras y la vida útil de la herramienta es de 150 horas. La producción anual es de 3000 cuerpos de bombas y la eficiencia se mejora en un 35 %.

Antecedentes de la industria: Los equipos de energía eólica y nuclear tienen mayores requisitos en cuanto a la precisión de mecanizado y la calidad de la superficie de los orificios profundos de gran diámetro, y la resistencia a la vibración y el diseño de enfriamiento de las fresas de mandrinado de múltiples filos son cruciales.

Maquinaria pesada:

Aplicación: Procesamiento de orificios de husillo de máquinas herramienta, orificios internos de cajas de engranajes y orificios de fundición grandes, los diámetros comunes son de 50 a 100 mm y las profundidades son de 200 a 600 mm.

Caso práctico: Una empresa fabricante de maquinaria utiliza una herramienta de mandrinado de 5 filos y 80 mm de diámetro para procesar el orificio del husillo de una máquina herramienta. La velocidad de corte es de 90 m/min, el avance es de 0,10 mm/rev, la redondez del orificio después del procesamiento es $<0,008$ mm, Ra 0,5 micras y la vida útil de la herramienta es de 140 horas. La producción anual de 5000 piezas de máquina herramienta ha aumentado la eficiencia en un 30 %.

Antecedentes de la industria: A medida que aumenta la demanda de procesamiento de orificios profundos de gran diámetro en maquinaria pesada, la rigidez y la durabilidad de las herramientas de mandrinado de múltiples filos se convierten en una ventaja competitiva.

Construcción naval:

Aplicación: Procesamiento de orificios para cilindros de motores marinos y orificios para ejes de hélice, los diámetros comunes son de 70 a 120 mm y las profundidades son de 300 a 800 mm.

Caso práctico: Un astillero utiliza una herramienta de mandrinado de 6 filos y 100 mm de diámetro para procesar el orificio del eje de un propulsor. La velocidad de corte es de 80 m/min, el avance es de 0,15 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento es de $\pm 0,01$ mm, el Ra es de 0,7 micras, la vida útil de la herramienta es de 160 horas y la producción anual es de 200 propulsores, lo que mejora la eficiencia en un 40 %.

Características técnicas: Se requiere alta rigidez y capacidad de procesamiento de agujeros profundos, y el sistema de enfriamiento interno requiere soporte de alta presión (20 bar).

Precauciones para el uso de herramientas de mandrinado multifilo de carburo

Máquina herramienta: CNC de cinco ejes o mandrinadora de alta resistencia, descentramiento $<0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 5 kW, se recomienda utilizar un husillo de alta rigidez (rigidez de la guía >4000 N / μm).

Refrigeración: Fluido de corte a alta presión (10-20 bar, 20-30 L/min) o sistema de refrigeración

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

interno (presión 5-20 bar). Los materiales viscosos (como el acero inoxidable) requieren una refrigeración mejorada (aumento del caudal a 35 L/min).

Parámetros: Vc 120 m/min, fz 0,10 mm/rev, profundidad de corte segmentada (5D por segmento), avance reducido a la mitad en segmento de transición de múltiples filos para reducir la vibración.

Instalación: Coaxialidad <0,002 mm, fuerza de sujeción 40-80 Nm (vástago cónico o modular), calibrar la coaxialidad del portaherramientas y del husillo antes de la instalación.

Desgaste: Reemplace la cuchilla cuando el desgaste VB alcance 0,3 mm, el diámetro del orificio esté fuera de tolerancia (>0,01 mm) o se produzcan rayones en la superficie. Se recomienda revisarla cada 30 horas y registrar los datos de desgaste para optimizar el ciclo de uso.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita herramientas de mandrinado multifilo de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una herramienta de mandrilado ajustable de carburo?

Definición y función de la herramienta de mandrinado ajustable de carburo

La herramienta de mandrinado ajustable de carburo es una herramienta de corte de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de agujeros internos de alta precisión y operaciones de mandrinado flexibles. Es ampliamente utilizada en el procesamiento mecánico, fabricación de moldes, industria aeroespacial, industria automotriz, producción de equipos de energía y fabricación de instrumentos de precisión. Su característica principal es el diseño combinado de barra de herramienta ajustable y filo de carburo. Puede ajustar con precisión el diámetro de corte a través del mecanismo de ajuste fino para satisfacer las necesidades de diferentes diámetros de agujero y lograr un procesamiento de alta precisión. La herramienta de mandrinado ajustable de carburo utiliza carburo como material de la hoja, tiene alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas, y es adecuada para mandrinar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleación a base de níquel, hierro fundido y aleación de aluminio. El diseño ajustable permite ajustar el diámetro mediante roscas de precisión, ajuste excéntrico o mecanismo hidráulico (rango de ajuste: 0,01-10 mm, precisión: $\pm 0,002$ mm). Es ampliamente compatible con máquinas herramienta CNC (CNC), mandrinadoras, centros de mecanizado o equipos de mandrinado especiales. Permite realizar con eficiencia la expansión de agujeros, el mandrilado de precisión, el biselado, el mecanizado de superficies internas y la reparación de aberturas. La precisión de mecanizado alcanza niveles IT4-IT6 y la rugosidad superficial alcanza Ra de 0,1-0,5 micras.

Las herramientas de mandrinado ajustables de carburo ofrecen mayor flexibilidad (adaptabilidad incrementada entre un 50% y un 70%) y economía (menor frecuencia de reemplazo de herramientas) en la producción de lotes pequeños, el procesamiento de agujeros con múltiples especificaciones o el ajuste fino de la apertura, y son especialmente adecuadas para el procesamiento de piezas complejas que requieren alta precisión y ajuste dinámico. Su diseño es extremadamente flexible, y la geometría de la cuchilla, el mecanismo de ajuste y la longitud de la barra de herramientas se pueden personalizar según el rango de apertura, la profundidad y el material de la pieza. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta puede integrarse con software CAM y sistemas de sensores para optimizar dinámicamente los parámetros de corte mediante la retroalimentación de datos en tiempo real.

Características de la fresa de mandrinar ajustable de carburo

Las herramientas de mandrinado ajustables de carburo buscan un mandrinado de alta precisión, gran capacidad de ajuste y una excelente evacuación de viruta. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto, mango cónico o barra de herramientas modular, con una disposición de cuchilla de uno o varios filos, y están equipadas con un mecanismo de ajuste de precisión para satisfacer diferentes requisitos de diámetro de agujero. A continuación, se detallan sus características estructurales, que abarcan parámetros geométricos, tecnología de procesamiento y optimización funcional:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diámetro (D): con un rango de 5 mm a 150 mm, las herramientas de perforación microajustables (D <15 mm) se utilizan para perforación fina de agujeros pequeños, las medianas (D = 15-50 mm) son adecuadas para el procesamiento general de agujeros internos, las grandes (D > 50 mm) se utilizan para perforación pesada o agujeros de gran diámetro, rango de ajuste 0,01-10 mm, precisión $\pm 0,002$ mm.

de vástago : vástago recto (DIN 6535 HA/HB), vástago cónico (BT40, CAT50, HSK-A63) o vástago modular, el diámetro del vástago coincide con el diámetro máximo de corte, clase de tolerancia h6 (0/-0,006 mm), longitud del vástago (100-600 mm) personalizada según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina, el diseño modular admite una transmisión de alto torque (rango de torque 50-300 Nm).

Longitud total (L): 150 mm a 1000 mm, adecuado para máquinas mandrinadoras CNC de tamaño mediano (150-300 mm) o de gran potencia (400-1000 mm), extra largo (1200 mm) para mandrinadoras profundas (profundidad hasta 30D).

Longitud de corte efectiva (l): 30 mm a 800 mm, el taladrado superficial (30-100 mm) es adecuado para el acabado de superficies, el taladrado profundo (400-800 mm) es adecuado para agujeros profundos o taladrado de varias etapas, y la relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 5:1 y 25:1.

Ángulo de hélice: 10°-40°, el valor estándar es 15°-30°, el diseño en espiral optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración, 25°-30° se usa comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie, 10°-20° se puede seleccionar para desbaste para mejorar la resistencia, algunos modelos personalizados admiten un ángulo de hélice gradual (10°-35°) para adaptarse al corte de agujeros profundos.

de corte : 1-4 filos de corte, según el diámetro y los requisitos de procesamiento. Los diámetros pequeños (D<20 mm) tienen 1-2 filos, mientras que los diámetros medianos y grandes (D>20 mm) tienen 2-4 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez. El error de espaciado entre filos es <0,02 mm.

La cuchilla ajustable está diseñada para una o varias cuchillas. El mecanismo de ajuste incluye rosca de precisión (paso de 0,5 a 1 mm), ajuste excéntrico (excentricidad de 0,01 a 5 mm) o ajuste hidráulico fino (presión de 0,1 a 1 bar). Se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión de $\pm 0,002$ mm) para garantizar la suavidad del filo ($R_a \leq 0,02$ micras) y la precisión geométrica. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio <5 g·mm/kg, velocidad de prueba 15 000 RPM) para reducir la vibración en el mandrinado a alta velocidad (amplitud <0,005 mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,5-2,5 mm, presión de 5-25 bar) o ranuras externas para virutas (ancho de 1-2,5 mm), lo que mejora significativamente la evacuación de virutas (incremento de la eficiencia entre un 25 % y un 40 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte <600 °C), ideal para el mandrinado de agujeros profundos o el procesamiento de materiales pegajosos. Algunos modelos incorporan un diseño de cabezal de corte modular. El cabezal de corte y la varilla de la herramienta están conectados mediante roscas de alta precisión o conexiones de bayoneta (tolerancia 6H/6g), lo que facilita la sustitución y el reafilado de la cuchilla. La longitud modular

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

puede alcanzar los 800 mm.

3. Material de herramienta de mandrinado ajustable de carburo

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y su fina estructura de partículas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados más comunes incluyen:

YG6X: Contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y hierro fundido, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 70-100 horas.

YT15: Contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 80-120 horas.

K30: Contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especialmente diseñado para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil de hasta 100-150 horas.

La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-900 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia térmica, la resistencia a la oxidación y la uniformidad microestructural.

4. Fabricación de fresas de mandrinar ajustables de carburo

El proceso de fabricación incluye múltiples pasos de precisión, desde la preparación de la materia prima hasta el recubrimiento final, lo que garantiza la precisión geométrica, la durabilidad y el rendimiento ajustable de la herramienta. A continuación, se detalla el proceso de fabricación:

Preparación de materias primas:

Relación del material: El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según la marca (6%-12%), se agrega carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla entre 0,5 y 2 micrones.

Proceso de mezcla: La mezcla húmeda se realiza utilizando un molino de bolas planetario (50-100 RPM, 24-48 horas), con etanol añadido como dispersante para asegurar la homogeneidad del polvo (segregación $<1\%$).

Inspección de calidad: Se utiliza un analizador láser de tamaño de partículas para detectar la distribución del tamaño de las partículas, y un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF) para analizar la composición química. La desviación se controla dentro de un margen de $\pm 0,05\%$.

Moldeo por compresión:

Parámetros del proceso: Prensa hidráulica con presión de 150-200 MPa para formar el cuerpo de la herramienta en blanco con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ , prensado isostático en frío (CIP, 150-200 MPa, 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad.

Diseño del molde : El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55), con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte por láser y electroerosión para garantizar la precisión de conformado de la cuchilla y el mecanismo de ajuste.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Control de calidad: La densidad de los espacios en blanco se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,1 \text{ g/cm}^3$), la porosidad interna se comprueba mediante microscopía ($< 0,5\%$).

Sinterización a alta temperatura :

Condiciones del proceso: horno de vacío (presión 10^{-2} Pa) o protección de hidrógeno, temperatura 1400°C - 1600°C , duración 10-12 horas, calentamiento por etapas (50°C por hora, etapa de precalentamiento 300°C - 600°C) para eliminar volátiles.

Optimización del proceso: Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño del grano a 1-2 micrones y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar $< 50 \text{ HV}$).

Inspección de calidad: Microscopio electrónico de barrido (SEM) para analizar la microestructura, probador de dureza Vickers para probar la dureza (HV 1800-2200).

Posprocesamiento:

Torneado: Torneado exterior con herramientas CBN, precisión de concentricidad $< 0,01 \text{ mm}$, rugosidad superficial $R_a \leq 0,2 \text{ micras}$.

Rectificado: Rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión para filo de corte y mecanismo de ajuste (precisión $\pm 0,002 \text{ mm}$), error de perfil de filo de corte $< 0,005 \text{ mm}$, superficie $R_a \leq 0,02 \text{ micrones}$.

Pulido: Abrasivo de diamante con tamaño de grano W0.5-W1.0, filo $R_a \leq 0,01 \text{ micrón}$, pulido electrolítico (densidad de corriente $0,1 \text{ A/cm}^2$) para eliminar rebabas microscópicas.

Tratamiento del filo: Punta de hoja biselada ($0,1$ - $0,2 \text{ mm}$, ángulo 5° - 10°) para mejorar la resistencia al astillado, mecanismo de ajuste de precisión de rosca 6H/6g, geometría calibrada mediante interferómetro láser.

Tratamiento de recubrimiento:

Tecnología de proceso: El recubrimiento se consigue mediante el proceso PVD (presión 10^{-3} Pa , temperatura 400 - 500°C , velocidad de deposición $0,1$ - $0,2 \text{ }\mu\text{m/h}$).

Tipo de recubrimiento: TiAlN (espesor 3-8 micrones, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micrones, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micrones, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $< 0,1$), reduce el coeficiente de fricción ($< 0,3$), aumenta la vida útil en un 30%-50%.

Inspección de calidad: SEM para verificar la uniformidad del recubrimiento, nanoindentador para probar la dureza y la adhesión ($> 70 \text{ N}$), desviación de espesor $< 0,5 \text{ micrones}$.

Prueba de embalaje:

Prueba de rendimiento: La máquina de medición de coordenadas (CMM) verifica el diámetro, la precisión de la hoja y el rango de ajuste ($< 0,01 \text{ mm}$), la máquina equilibradora dinámica corrige el desequilibrio ($< 5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$).

Tratamiento superficial: Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para evitar la oxidación.

Marcado: Grabado láser con rango de diámetro, longitud, grado y número de lote para garantizar la trazabilidad.

Parámetros técnicos de la herramienta de mandrinado ajustable de carburo

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C - 1000°C .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Velocidad de corte (Vc): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio, 100-300 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,20 mm/rev.

Profundidad de corte (ap): 0,05-10 mm.

Tolerancia: Precisión de ajuste de diámetro $\pm 0,002$ mm, precisión de diámetro de orificio $< 0,005$ mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,1-0,5 micras.

escenarios de fresas de mandrinar ajustables de carburo

Las herramientas de mandrinado ajustables de carburo se utilizan ampliamente en diversos sectores industriales gracias a su alta precisión y flexibilidad de ajuste. A continuación, se presenta una descripción detallada de casos específicos, datos técnicos y antecedentes del sector:

de moldes :

Aplicación: Taladrado fino de agujeros guía, agujeros de refrigeración y agujeros interiores en moldes, con diámetros de 10 a 30 mm y profundidades de 50 a 150 mm.

Caso práctico: Una fábrica de moldes utiliza una herramienta de mandrinado ajustable con un diámetro de 15-25 mm para realizar el mandrilado fino del orificio del manguito guía de la matriz de estampación. La velocidad de corte es de 120 m/min, el avance es de 0,05 mm/rev, la precisión de ajuste es de $\pm 0,002$ mm, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento es de $\pm 0,003$ mm, el Ra es de 0,2 micras, la vida útil de la herramienta es de 90 horas y la producción anual es de 1000 juegos de moldes, lo que reduce el reemplazo de herramientas en un 50 %.

Características técnicas: Se requiere un alto acabado y coaxialidad , y el sistema de refrigeración interno (10 bar) admite el procesamiento de agujeros profundos.

industria automotriz:

Aplicación: Procesamiento de orificios de cilindros de motores, orificios de bielas y orificios de carcasas de cajas de cambios, con diámetros típicos que oscilan entre 20 y 50 mm y profundidades de 80 a 200 mm.

Caso: Una empresa de piezas de automoción utiliza una herramienta de mandrinado ajustable de 30-40 mm de diámetro para procesar agujeros de cilindros, con una velocidad de corte de 100 m/min, una velocidad de avance de 0,08 mm/rev, una precisión de ajuste de $\pm 0,002$ mm, una redondez del agujero de $< 0,005$ mm después del procesamiento, Ra 0,3 micrones, una vida útil de la herramienta de 110 horas, una producción anual de 700.000 cilindros y una reducción del 30% en el tiempo de proceso.

Antecedentes de la industria: La demanda de procesamiento de orificios de múltiples especificaciones en carcasas de motores de vehículos eléctricos ha aumentado, y la flexibilidad de las herramientas de perforación ajustables se ha convertido en la clave.

Aeroespacial:

Aplicación: taladrar orificios de conexión de fuselaje de aleación de titanio o acero de alta resistencia y orificios de puntal de tren de aterrizaje, rango de diámetro común 15-40 mm, profundidad 100-300 mm.

Caso: Una aerolínea utilizó una herramienta de mandrinado ajustable de 20-30 mm de diámetro para procesar orificios de tren de aterrizaje de aleación de titanio. La velocidad de corte fue de 60 m/min,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

el avance fue de 0,04 mm/rev, la precisión de ajuste fue de $\pm 0,002$ mm, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento fue de $\pm 0,004$ mm, el Ra fue de 0,2 micras, la vida útil de la herramienta fue de 120 horas y cumplió con la norma AS9100.

Características técnicas: Requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de enfriamiento interna debe ser superior a 15 bar.

Fabricación de equipos energéticos:

Aplicación: Procesamiento de orificios de eje de turbina, orificios grandes del cuerpo de la bomba y orificios del cuerpo de la válvula, el rango de diámetro común es de 40 a 80 mm, profundidad de 200 a 500 mm.

Caso práctico: Un fabricante de equipos de energía utiliza una herramienta de mandrinado ajustable de 50-70 mm de diámetro para procesar orificios en cuerpos de bombas hidráulicas. La velocidad de corte es de 90 m/min, el avance es de 0,10 mm/rev, la precisión de ajuste es de $\pm 0,002$ mm, el error de diámetro del orificio después del procesamiento es $< 0,01$ mm, el Ra es de 0,4 micras, la vida útil de la herramienta es de 140 horas y la producción anual es de 2500 cuerpos de bombas, lo que mejora la eficiencia en un 35 %.

La resistencia a la vibración y el diseño de refrigeración de las fresas de mandrinar ajustables son particularmente importantes.

Maquinaria pesada:

Aplicación: Procesamiento de orificios de husillo de máquinas herramienta, orificios internos de cajas de engranajes y orificios de fundición grandes, el rango de diámetro común es de 60 a 120 mm, profundidad de 300 a 800 mm.

Caso práctico: Una empresa de fabricación de maquinaria utiliza una fresa de mandrinar ajustable con un diámetro de 80-100 mm para procesar el orificio del husillo de una máquina herramienta. La velocidad de corte es de 80 m/min, el avance es de 0,12 mm/rev, la precisión de ajuste es de $\pm 0,002$ mm, la redondez del orificio después del procesamiento es $< 0,008$ mm, el Ra es de 0,5 micras, la vida útil de la herramienta es de 150 horas y la producción anual de 4000 piezas de máquina herramienta ha aumentado la eficiencia en un 30 %.

Y la rigidez y capacidad de ajuste de las herramientas de mandrinado ajustables se han convertido en una ventaja competitiva.

Instrumentos de precisión:

Aplicación: taladrado de orificios para ejes de instrumentos ópticos, orificios para asientos de cojinetes de precisión y orificios de montaje de sensores, rango de diámetro común de 5 a 20 mm, profundidad de 20 a 100 mm.

Caso: Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza una herramienta de perforación ajustable de 10-15 mm de diámetro para procesar orificios de ejes de lentes ópticas, con una velocidad de corte de 70 m/min, una velocidad de avance de 0,03 mm/rev, una precisión de ajuste de $\pm 0,002$ mm, una tolerancia de diámetro de orificio de $\pm 0,001$ mm después del procesamiento, Ra 0,1 micrones, una vida útil de la herramienta de 80 horas y una producción anual de 500.000 instrumentos, de acuerdo con los estándares ISO 2768.

Características técnicas: Requiere una precisión y calidad de superficie extremadamente altas, a menudo utiliza recubrimiento DLC para reducir la fricción.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Precauciones para el uso de herramientas de mandrinado ajustables de carburo

Máquina herramienta: CNC de cinco ejes o mandrinadora de alta resistencia, descentramiento $<0,005$ mm, potencia del husillo ≥ 5 kW, se recomienda utilizar un husillo de alta rigidez (rigidez de la guía >4000 N/ μm) .

Refrigeración: Fluido de corte a alta presión (10-20 bar, 20-30 L/min) o sistema de refrigeración interno (presión 5-25 bar). Los materiales viscosos (como el acero inoxidable) requieren una refrigeración mejorada (aumento del caudal a 35 L/min).

Parámetros: Vc 100 m/min, fz 0,05-0,10 mm/rev, profundidad de corte segmentada (5D por segmento), recalibrar los parámetros de corte después del ajuste para reducir la vibración.

Instalación: Coaxialidad $<0,002$ mm, fuerza de sujeción 40-80 Nm (vástago cónico o modular), calibrar el mandril de la herramienta y ajustar la coaxialidad del mecanismo antes de la instalación.

Desgaste: Reemplace la cuchilla cuando el desgaste VB alcance 0,3 mm, el diámetro del orificio esté fuera de tolerancia ($>0,01$ mm) o se produzcan rayones en la superficie. Se requiere mantenimiento cuando el mecanismo de ajuste esté desgastado (holgura $>0,01$ mm). Se recomienda revisar cada 20 horas y registrar los datos de desgaste para optimizar el ciclo de uso.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita herramientas de mandrinado ajustables de carburo cementado , le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son los escariadores de carburo?

Los escariadores de carburo son herramientas de precisión que se utilizan para el acabado de agujeros en el mecanizado. Gracias a su excelente dureza y resistencia al desgaste, garantizan el acabado superficial y la precisión dimensional de las piezas. Estos escariadores permiten recortar cuidadosamente agujeros pretaladrados mediante rotación lenta y pequeños avances para que el diámetro del agujero cumpla con los requisitos de diseño. Se utilizan ampliamente en sectores de fabricación que requieren alta precisión y calidad. Los escariadores de carburo se basan en carburo de tungsteno (WC), con cobalto (Co) añadido como aglutinante, y se sinterizan mediante avanzados procesos de pulvimetalurgia. Los grados de material más comunes incluyen YG6 (dureza moderada, apto para procesamiento general), YT10 (excelente resistencia térmica, apto para acero) e YW1 (alto rendimiento integral, apto para materiales complejos). Sus diseños son diversos, con estructuras de carburo integral y configuraciones ajustables o multihoja. El cuerpo de la fresa suele estar hecho de acero o carburo de alta resistencia para garantizar la estabilidad durante el mecanizado de precisión.

1. Diseño y optimización de geometría

El diseño geométrico de los escariadores de carburo es fundamental para el mecanizado de alta precisión. Los diseñadores ajustan cuidadosamente los parámetros para mejorar el rendimiento y la vida útil. El ángulo frontal suele estar entre 0° y 5° . Este diseño de ángulo pequeño ayuda a reducir la fuerza de corte y a garantizar el acabado superficial; el ángulo posterior, generalmente entre 5° y 10° , garantiza un contacto suave entre el escariador y la pared del orificio, evitando así un desgaste excesivo; el chaflán del filo (0,05-0,1 mm) mejora la durabilidad al dispersar la tensión, especialmente en el acabado. Los escariadores de hoja recta son adecuados para el procesamiento de orificios estándar, con un rango de diámetro de 5 a 50 mm y un número de hojas de 4 a 8; los escariadores de hoja espiral utilizan un ángulo de hélice de 15° a 30° para mejorar la descarga de viruta, especialmente para orificios profundos o materiales pegajosos; los escariadores ajustables permiten un ajuste preciso de la apertura mediante un mecanismo de ajuste fino y se utilizan ampliamente en el procesamiento multiproceso y con tolerancias estrictas. La optimización de la geometría combina el diseño asistido por computadora (CAD) y la simulación de mecanizado para garantizar que el escariador permanezca estable durante el acabado lento (hasta 2000 rpm) y que el ancho de la ranura de viruta (1-2 mm) se ajuste de acuerdo con el diámetro del orificio y el material para garantizar una evacuación suave de la viruta.

2. Recubrimiento y tratamiento de superficies

La tecnología de recubrimiento ha proporcionado a los escariadores de carburo ventajas de rendimiento adicionales, lo que les permite adaptarse a entornos de mecanizado más complejos. Los recubrimientos PVD (deposición física de vapor) como TiN (amarillo dorado, 2-5 micras de espesor) proporcionan una buena protección contra el desgaste y son particularmente adecuados para el mecanizado de aleaciones de aluminio y cobre; los recubrimientos CVD (deposición química de vapor) como TiAlN (negro púrpura, 5-15 micras de espesor) son ideales para el acabado de acero y hierro fundido con su resistencia al calor de hasta 1000°C . En términos de tratamiento de superficie,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

el proceso de pulido controla la rugosidad de la superficie a $Ra < 0,1$ micras para garantizar una superficie suave y delicada dentro del orificio; la tecnología de microtexturizado láser talla ranuras de microlubricación en la superficie del escariador para reducir el coeficiente de fricción; algunos escariadores de alta gama utilizan nano-recubrimientos (como nano- $TiAlN$, con granos de menos de 50 nanómetros), lo que mejora significativamente el rendimiento en el mecanizado de ultraprecisión. La adhesión del revestimiento se verifica mediante pruebas de rayado (carga crítica > 70 N) para garantizar que el revestimiento no se desprenda durante el uso a largo plazo.

3. Características técnicas y prestaciones

El rendimiento técnico de los escariadores de carburo los convierte en los mejores en el campo del acabado y ha ganado una amplia gama de aplicaciones. La velocidad de corte varía de 20 a 100 m/min, dependiendo del material de la pieza de trabajo. Por ejemplo, el acero suele ser de 50 a 80 m/min, mientras que las aleaciones de aluminio pueden alcanzar de 80 a 100 m/min. En términos de dureza, la dureza de los escariadores está generalmente entre HV 1800 y 2100. YT10 puede alcanzar HV 2000 a 2100 debido al carburo de titanio, que es suficiente para hacer frente a piezas de trabajo de alta dureza. La tenacidad a la fractura es de 12 a 16 $MPa \cdot m^{1/2}$. El grado YG6 tiene una tenacidad equilibrada debido a su contenido moderado de cobalto (6%), que es particularmente adecuado para el acabado continuo. La resistencia al desgaste es inferior a 0,02 milímetros cúbicos por Newton metro y, tras el recubrimiento, se reduce aún más a 0,015 milímetros cúbicos por Newton metro, lo que prolonga considerablemente su vida útil. Su resistencia térmica de hasta 1000 °C (gracias al recubrimiento CVD) lo hace estable en entornos de alta temperatura. La precisión de procesamiento se controla con un margen de error de 0,002 mm, cumpliendo así con los estrictos requisitos del procesamiento de agujeros de alta precisión .

4. Requisitos de tramitación y solicitudes

Los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación de los escariadores de carburo reflejan su valor único en la fabricación de precisión. Los parámetros de corte varían según el material. Por ejemplo, la velocidad de corte del acero es de 50 a 80 metros por minuto, la velocidad de avance es de 0,02 a 0,1 mm por revolución y la profundidad de corte es de 0,1 a 0,5 mm; las aleaciones de aluminio requieren una velocidad de corte de 80 a 100 metros por minuto, una velocidad de avance de 0,05 a 0,15 mm por revolución y una profundidad de corte de 0,2 a 0,8 mm. La elección del método de enfriamiento también es crítica. El corte en seco es adecuado para aleaciones de aluminio y puede reducir el uso de refrigerante; el corte húmedo con emulsión o refrigerante a base de aceite es más adecuado para acero y fundición, que puede reducir eficazmente el daño térmico; para el escariado de agujeros profundos, el enfriamiento a baja presión (5-10 bar) mejora significativamente la eficiencia de eliminación de viruta mediante pulverización externa. En aplicaciones prácticas, la industria automotriz a menudo utiliza escariadores para afinar los orificios guía de las bielas y los bloques de cilindros, lo que requiere alta precisión y calidad de superficie; la fabricación de moldes se basa en ellos para recortar los orificios de ubicación de las matrices de estampado, centrándose en la consistencia de los diámetros de los orificios; la industria de la aviación, como el procesamiento de orificios de enfriamiento de las palas de turbinas, también confía en su excelente desempeño.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Desafíos y soluciones

Existen algunos desafíos al usar escariadores de carburo, pero estos problemas pueden resolverse adecuadamente mediante estrategias de afrontamiento científicas. Durante el proceso de escariado, la mala eliminación de viruta es un problema común en el procesamiento de agujeros profundos, que puede aliviarse optimizando el diseño de la hoja espiral y añadiendo recubrimientos autolubricantes (como MoS_2); la acumulación de calor es propensa a ocurrir durante el acabado continuo, y un sistema de refrigeración eficiente y un recubrimiento resistente al calor pueden controlar eficazmente la temperatura; el descentramiento del escariador puede causar desviación del diámetro del agujero, y el uso de un cuerpo de herramienta de alta rigidez y el pulido de filos pueden mejorar la estabilidad; para materiales pegajosos, la adhesión superficial es el principal problema, y la limpieza regular o el uso de recubrimientos de baja fricción pueden prolongar significativamente la vida útil. Estas soluciones en conjunto garantizan la confiabilidad del escariador en condiciones de trabajo complejas.

6. Tendencias de optimización y desarrollo

La optimización y el desarrollo de los escariadores de carburo cementado reflejan la búsqueda de la eficiencia y la inteligencia en la industria. En cuanto a la optimización estructural, el canal de refrigeración por pulverización externo integrado reduce eficazmente la temperatura del escariador, el diseño ajustable del cabezal de corte facilita la adaptación a diferentes aperturas y la tecnología de equilibrado dinámico mejora la estabilidad del acabado a baja velocidad. En cuanto a la innovación de materiales, el carburo nanocementado mejora la dureza y la tenacidad gracias a sus granos finos (menos de 0,5 micras), y el diseño de material en gradiente permite que el escariador tenga una alta dureza y tenacidad. La tendencia hacia la inteligencia permite integrar sensores en el escariador para monitorizar el desgaste y la temperatura en tiempo real, y ajustar dinámicamente los parámetros de escariado mediante algoritmos de inteligencia artificial. En cuanto a la tecnología de fabricación, las tecnologías de impresión 3D, como la fusión selectiva por láser (SLM), permiten crear estructuras de escariador complejas, optimizando los canales de refrigeración, mientras que la tecnología de deposición láser permite reparar escariadores desgastados. La tendencia de protección del medio ambiente ha promovido el desarrollo de recubrimientos de corte en seco (como los recubrimientos compuestos de grafeno), reduciendo la dependencia de los refrigerantes, mientras que el uso de materiales reciclables también reduce el impacto ambiental.

7. Vida útil y mantenimiento

La vida útil de los escariadores de carburo varía según las condiciones de procesamiento y los materiales de la pieza, y generalmente se sitúa entre 20 y 40 horas, como unas 25 horas para el procesamiento de acero y hasta 35 horas para el procesamiento de aleaciones de aluminio. El mantenimiento incluye el afilado regular, el uso de muelas de diamante para garantizar un error de ángulo inferior a $0,5^\circ$, la reparación del recubrimiento mediante tecnología CVD para restaurar el rendimiento y el preajuste láser para garantizar un error inferior a 0,002 mm. Estas medidas pueden prolongar eficazmente la vida útil del escariador. Tras el desguace del escariador, los materiales de tungsteno y cobalto que contiene se pueden reciclar y reutilizar fundiéndolos y devolviéndolos al

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

horno, lo que refleja el concepto de desarrollo sostenible.

8. Clasificación detallada

Los escariadores de carburo se pueden dividir en varias categorías según los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación, cada tipo tiene su propio diseño y propósito únicos:

Escariador de hoja recta

Adecuada para el acabado de orificios estándar, con diámetros de 5 a 50 mm y número de cuchillas de 4 a 8. Ángulo de ataque de 0° a 3°, ángulo de retroceso de 5° a 8°, calidad YG6, recubrimiento de TiN (espesor de 2 a 5 micras) para mayor resistencia al desgaste. Velocidad de corte de 50 a 80 m/min, precisión inferior a 0,002 mm, ampliamente utilizada para el procesamiento general de orificios.

Escariador de hoja espiral

Se utiliza un ángulo de hélice de 15° a 30° para mejorar la evacuación de la viruta, un rango de diámetro de 10 a 40 mm y de 6 a 10 filos. El ángulo de ataque es de 2° a 5°, el ángulo de retroceso de 6° a 10° y se selecciona la calidad YT10. El recubrimiento de TiAlN (espesor de 5-15 micras) mejora la resistencia térmica. La velocidad de corte es de 40 a 100 metros por minuto y la precisión es inferior a 0,002 mm, común en agujeros profundos y materiales pegajosos.

Escariador ajustable

El ajuste fino del diámetro del orificio se realiza mediante un mecanismo de ajuste fino, con un rango de diámetro de perforación de 20 a 100 mm. El ángulo de ataque es de 0° a 5° y el ángulo de retroceso, de 5° a 10°, y se selecciona el grado YW1. El recubrimiento multicapa (como TiN+Al₂O₃) proporciona un rendimiento integral. La velocidad de corte es de 30 a 80 metros por minuto, con una precisión inferior a 0,002 mm. Se utiliza ampliamente en procesos multiproceso y con tolerancias estrictas.

9. Selección y emparejamiento

Elegir el escariador de carburo adecuado requiere una consideración exhaustiva del material de la pieza y el tipo de procesamiento. Por ejemplo, el escariador de hoja espiral YT10 es adecuado para el acabado de acero, el escariador de hoja recta YG6 es adecuado para el procesamiento de aleaciones de aluminio, y el escariador ajustable YW1 con recubrimiento multicapa es más adecuado para el procesamiento de agujeros complejos. El rendimiento de la máquina herramienta también es crucial: la potencia del husillo debe superar los 3 kilovatios y la velocidad debe alcanzar entre 500 y 2000 rpm para aprovechar al máximo el potencial del escariador.

10. Tabla resumen de clasificación

Tipo de escariador	Número de cuchillas	Diámetro (mm)	Ángulo de inclinación (°)	Ángulo de alivio (°)	Grados aplicables	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
Escariador de hoja recta	4-8	5-50	0-3	5-8	YG6	TiN (2-5 μm)	50-80	0,1-0,5	<0,002	Agujero universal, acero

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tipo de escariador	Número de cuchillas	Diámetro (mm)	Ángulo de inclinación (°)	Ángulo de alivio (°)	Grados aplicables	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
Escariador de hoja espiral	6-10	10-40	2-5	6-10	YT10	TiAlN (5-15 μm)	40-100	0,2-0,8	<0,002	Agujeros profundos, materiales viscosos
Escariador ajustable	-	20-100	0-5	5-10	YW1	TiN + Al ₂ O ₃	30-80	0,1-0,5	<0,002	Agujeros complejos, procesos múltiples

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita escariadores de carburo cementado , le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com
Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat : "China Tungsten Online"



apéndice

¿Qué es un escariador de borde recto de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

El escariador de hoja recta de carburo es una herramienta de corte de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de orificios de alta precisión y la optimización del acabado superficial. Se utiliza ampliamente en procesamiento mecánico, fabricación de moldes, industria aeroespacial, industria automotriz, producción de dispositivos médicos e instrumental de precisión. Su característica principal es el diseño multifilo de hoja recta (sin ángulo helicoidal). Combinado con el excelente rendimiento del carburo cementado, permite el acabado de orificios pretaladrados, la corrección dimensional y la mejora de la suavidad superficial. El escariador de hoja recta de carburo está basado en carburo cementado, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, ideal para escariar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), aleaciones de níquel, fundición y aleaciones de aluminio. El diseño de filo recto reduce las fluctuaciones de la fuerza de corte (tasa de dispersión de fuerza <15%) y el enredo de viruta gracias a su filo recto. Es ampliamente adecuado para máquinas herramienta CNC (CNC), taladradoras, centros de mecanizado o equipos de escariado especiales, y puede completar eficientemente el escariado fino de agujeros, el acabado dimensional y la corrección de redondez. La precisión de procesamiento puede alcanzar el nivel IT5-IT6 y la rugosidad de la superficie puede alcanzar Ra 0,05-0,4 micras. En comparación con los escariadores de borde espiral, los escariadores de borde recto de carburo tienen mayor estabilidad de precisión y consistencia de corte (error de redondez <0,003 mm) en el procesamiento de agujeros de pared recta o agujeros de poca profundidad ($L/D < 5:1$), lo que es particularmente adecuado para escenas que requieren una calidad de superficie y tolerancia dimensional extremadamente altas. Tiene una alta flexibilidad de diseño y puede personalizar el número de cuchillas, la geometría de la cuchilla y el tipo de vástago de acuerdo con el diámetro del agujero, la profundidad y el material de la pieza de trabajo. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM y sistemas de monitoreo en línea para optimizar los parámetros de corte a través de retroalimentación de datos en tiempo real.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con el auge de la Industria 4.0 y la tecnología de fabricación inteligente, la demanda de herramientas de procesamiento de agujeros de alta precisión ha aumentado significativamente. Los escariadores de carburo de filo recto han sustituido gradualmente a los escariadores tradicionales de acero rápido en la fabricación de alta gama gracias a su excelente rendimiento de procesamiento y adaptabilidad, especialmente en los sectores aeroespacial y de dispositivos médicos. En 2025, con la aplicación y el fomento de nuevos materiales de aleación (como las aleaciones de alta entropía), se impondrán mayores requisitos de resistencia al calor y al desgaste a los escariadores de filo recto, lo que impulsará la innovación en materiales para herramientas y tecnología de recubrimiento.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

Los escariadores de hoja recta de carburo tienen como objetivo lograr un escariado de alta precisión, una excelente calidad superficial y resistencia a la vibración. Por lo general, adoptan una estructura de vástago recto o cónico, con un diseño de múltiples filos de hoja recta, combinado con capacidad de corte axial para adaptarse al procesamiento de agujeros de precisión. El rango de diámetro es de 3 mm a 50 mm. Los escariadores de hoja recta micro ($D < 6$ mm) se utilizan para el escariado de precisión de microagujeros, los de tamaño mediano ($D = 6-20$ mm) son adecuados para el procesamiento de agujeros en general y los grandes ($D > 20$ mm) se utilizan para escariados pesados. El grado de tolerancia es h7 (0/-0,01 mm). Los tipos de vástago incluyen vástago recto (DIN 6535 HA/HB) o vástago cónico (BT40, CAT50). El diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, el grado de tolerancia es h6 (0/-0,006 mm) y la longitud del vástago (50-300 mm) se personaliza según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina herramienta. El vástago cónico mejora la transmisión de alto par (rango de par 20-150 Nm). La longitud total es de 100 mm a 500 mm, adecuada para CNC pequeños (100-200 mm) o centros de mecanizado pesados (300-500 mm), y el tipo extra largo (600 mm) se utiliza para escariado de agujeros profundos (profundidad hasta 10D). La longitud de corte efectiva es de 20 mm a 400 mm. El escariado poco profundo (20-80 mm) es adecuado para el acabado de superficies, y el escariado profundo (200-400 mm) es adecuado para agujeros profundos o escariado de varias etapas. La relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 3:1 y 10:1. El número de filos de corte es de 2 a 8 filos de corte, dependiendo del diámetro y la precisión del mecanizado. Los diámetros pequeños ($D < 10$ mm) son de 2 a 4 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 10$ mm) son de 4 a 8 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez. El error de espaciado entre filos es $< 0,01$ mm. El ángulo de la cuchilla es un diseño de cuchilla recta (ángulo de hélice 0°), el ángulo de la punta de la cuchilla suele ser de $90^\circ-120^\circ$ (personalizable) y la longitud de la sección de guía de la cuchilla representa el 10%-20% de la longitud total para garantizar paredes de orificio lisas. La cuchilla recta adopta un diseño de corte recto de múltiples filos y se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar filos de corte lisos ($Ra \leq 0,02$ micras) y precisión geométrica. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 12000 RPM) para reducir la vibración durante el escariado a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,3-1,5 mm, presión de 5-15 bar) o ranuras externas para virutas (ancho de 0,5-1 mm), lo que mejora significativamente la evacuación de virutas (incremento de la eficiencia del 20 % al 30 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 500^\circ\text{C}$), ideal para el escariado de agujeros profundos o el procesamiento de materiales pegajosos. Algunos modelos incorporan un diseño de cabezal de corte reemplazable, donde el cabezal y la barra de corte están conectados mediante roscas de alta precisión (tolerancia 6H/6g), lo que facilita la sustitución y el reafilado rápido de la cuchilla.

2.2 Materiales

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

El material es principalmente un material compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y la estructura de partículas finas garantiza resistencia al desgaste y resistencia al impacto. Los grados comunes incluyen YG6X (contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y fundición, excelente resistencia al desgaste, vida útil de corte puede alcanzar 80-120 horas), YT15 (que contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleación de titanio, vida útil puede alcanzar 90-130 horas), K20 (contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especial para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil puede alcanzar 100-150 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (400-700 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia térmica y la microestructura.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según el grado (6%-12%), se añade carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla a 0,5-2 micras. Se utiliza un molino de bolas planetario (velocidad 50-100 RPM, tiempo 24-48 horas) para la mezcla húmeda y se añade etanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $<1\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y la composición química se analiza mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,05\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 150-200 MPa para conformar la hoja en bruto, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ . Se utiliza prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad. El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55) con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte láser y electroerosión para garantizar la precisión del conformado de la hoja recta. La densidad de la hoja en bruto se mide mediante el método de Arquímedes (error $<0,1$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($<0,5\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en atmósfera de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 1-2 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar <50 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2200).

3.4 Posprocesamiento

El torneado externo se realiza utilizando herramientas CBN, con precisión de concentricidad $<0,01$ mm y rugosidad superficial $Ra \leq 0,2$ micras. Se utilizan rectificadoras CNC de cinco ejes de ultraprecisión para procesar cuchillas rectas (precisión $\pm 0,002$ mm), con error de perfil de borde $<0,005$ mm y superficie $Ra \leq 0,02$ micras. Se utilizan abrasivos de diamante con tamaño de grano W0,5-W1,0 para pulido espejo, con borde $Ra \leq 0,01$ micras, y se utiliza pulido electrolítico (densidad de corriente $0,1 \text{ A/cm}^2$) para eliminar rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada ($0,1\text{-}0,2$ mm, ángulo $5^\circ\text{-}10^\circ$) para mejorar la capacidad de resistir el colapso del borde, y la geometría de la cuchilla está calibrada mediante interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Mediante proceso PVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura $400\text{-}500^\circ\text{C}$, velocidad de deposición $0,1\text{-}0,2 \mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen TiAlN (espesor $3\text{-}8$ micras, dureza $2800\text{-}3200$ HV), AlCrN (espesor $3\text{-}7$ micras, dureza $3000\text{-}3400$ HV) o DLC (espesor $1\text{-}3$ micras, dureza $3000\text{-}3500$ HV, coeficiente de fricción $<0,1$), lo que reduce el coeficiente de fricción ($<0,3$) y aumenta la vida útil entre un 30% y un 50% . El SEM verifica la uniformidad del recubrimiento, y el nanoindentador prueba la dureza y la adhesión (>70 N), con una desviación de espesor de $<0,5$ micras.

3.6 Prueba de embalaje

Se utilizan máquinas de medición de coordenadas (MMC) para comprobar el diámetro y la precisión de las cuchillas ($<0,01$ mm), y máquinas de equilibrado dinámico para corregir el desequilibrio ($<5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$). Se utiliza un recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. El grabado láser del diámetro, la longitud, el número de cuchillas, la marca y el número de lote garantiza la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 1800-2200, recubierto HV 3400. Resistencia al calor: $600^\circ\text{C}\text{-}1000^\circ\text{C}$.

Velocidad de corte (V_c): $30\text{-}120$ m/min para acero, $20\text{-}80$ m/min para aleación de titanio, $80\text{-}200$ m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz): $0,01\text{-}0,10$ mm/rev. Profundidad de corte (ap): $0,01\text{-}2$ mm (escariado fino).

Tolerancia: diámetro $\pm 0,005$ mm, precisión del orificio $<0,003$ mm. Rugosidad superficial: Ra $0,05\text{-}0,4$ micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Fabricación de moldes

Escariado de precisión de orificios para pasadores guía de moldes, orificios de posicionamiento y orificios de refrigeración. Los diámetros habituales son de 6 a 20 mm y las profundidades de 20 a 80 mm. Una fábrica de moldes utiliza un escariador de hoja recta de 10 mm de diámetro para escariar con precisión los orificios para pasadores guía de moldes de estampación. La velocidad de corte es de 80 m/min, el avance es de $0,03$ mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,002$ mm tras el procesamiento, Ra de $0,1$ micras, la vida útil de la herramienta es de 100 horas, la producción anual es de 1500 juegos de moldes y la eficiencia se mejora en un 30% . Se requiere un alto nivel

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de acabado y coaxialidad , y el sistema de refrigeración interno (10 bar) facilita el procesamiento de orificios profundos.

5.2 Industria del automóvil

Escariado de precisión de orificios para cilindros de motor, bielas y ejes de caja de cambios, con diámetros comunes de 15-40 mm y profundidades de 30-120 mm. Una empresa de autopartes utiliza un escariador de borde recto de 20 mm de diámetro para escariar con precisión orificios para cilindros, con una velocidad de corte de 70 m/min y un avance de 0,02 mm/rev. La redondez de los orificios procesados es <0,002 mm, la Ra es de 0,05 micras y la vida útil de la herramienta es de 120 horas. La producción anual es de 800.000 cilindros y el tiempo de proceso se reduce en un 20 %. El sistema de transmisión de vehículos eléctricos tiene mayores requisitos de redondez y acabado de los orificios, y la alta precisión del escariador de borde recto se ha convertido en una ventaja.

5.3 Aeroespacial

Escariado de precisión de orificios de conexión de fuselaje y puntales de tren de aterrizaje de aleación de titanio o acero de alta resistencia. Diámetro habitual: 10-30 mm, profundidad: 50-150 mm. Una aerolínea utiliza un escariador de hoja recta de 15 mm de diámetro para procesar orificios de conexión de aleación de titanio. Velocidad de corte: 50 m/min, avance: 0,02 mm/rev. Tras el procesamiento, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,001$ mm, Ra: 0,05 micras, vida útil de la herramienta: 130 horas, conforme a la norma AS9100. Se requiere resistencia al calor y una precisión extremadamente alta, y la presión de refrigeración interna debe ser superior a 15 bar.

5.4 Dispositivos médicos

Fresado de precisión de orificios internos de implantes ortopédicos o de posicionamiento de instrumental quirúrgico. Los diámetros habituales son de 4 a 12 mm y las profundidades de 10 a 50 mm. Una empresa médica utiliza un escariador de hoja recta de 6 mm de diámetro para procesar orificios internos de articulaciones de cadera de aleación de titanio. La velocidad de corte es de 40 m/min, la velocidad de avance es de 0,01 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,001$ mm tras el procesamiento, Ra de 0,03 micras y la vida útil de la herramienta es de 90 horas, lo que cumple con los estándares de biocompatibilidad de la FDA. Se requiere una precisión y una calidad superficial extremadamente altas, y el recubrimiento de TiAlN se utiliza a menudo para reducir la contaminación metálica.

5.5 Instrumentos de precisión

Escariado de precisión de orificios para ejes de instrumentos ópticos, orificios de asientos de cojinetes de precisión y orificios de montaje de sensores, con diámetros comunes de 5-15 mm y profundidades de 20-80 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza un escariador de borde recto de 8 mm de diámetro para procesar los orificios de los ejes de lentes ópticas, con una velocidad de corte de 60 m/min, una velocidad de avance de 0,02 mm/rev, una tolerancia de diámetro de orificio de $\pm 0,001$ mm después del procesamiento, una Ra de 0,04 micras, una vida útil de la herramienta de 110 horas y una producción anual de 600.000 instrumentos, de acuerdo con la norma ISO 2768. A medida que los semiconductores y los equipos ópticos han aumentado sus requisitos de precisión de microagujeros, la alta estabilidad y suavidad del escariador de borde recto se han vuelto clave.

5.6 Fabricación de equipos energéticos

Escariado de precisión de orificios para ejes de turbinas y orificios internos de cuerpos de bombas.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Los diámetros comunes son de 20 a 50 mm y las profundidades de 100 a 300 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza un escariador de borde recto de 30 mm de diámetro para procesar orificios de cuerpos de bombas hidráulicas, con una velocidad de corte de 70 m/min y un avance de 0,03 mm/rev. El error de diámetro del orificio después del procesamiento es <0,002 mm, Ra 0,06 micras y la vida útil de la herramienta es de 140 horas. La producción anual es de 2000 cuerpos de bombas, lo que aumenta la eficiencia en un 25 %. Se requiere alta precisión y durabilidad, y el sistema de refrigeración interno requiere un soporte de alta presión (15 bar).

6. Precauciones de uso

6.1 Requisitos de las máquinas herramienta

CNC de tres o cinco ejes, descentramiento <0,003 mm, potencia del husillo ≥ 3 kW, se recomienda utilizar un husillo de alta rigidez (rigidez de la guía >3000 N / μm).

6.2 Refrigeración y lubricación

Fluido de corte de alta presión (10 bar, 15-20 L/min) o sistema de refrigeración interno (presión 5-15 bar), materiales viscosos (como acero inoxidable) requieren una refrigeración mejorada (caudal aumentado a 25 L/min).

6.3 Parámetros de corte

Vc 70 m/min, fz 0,02-0,05 mm/rev, profundidad de corte segmentada (3D por segmento), velocidad de avance reducida a la mitad durante el escariado fino para optimizar la calidad de la superficie.

6.4 Instalación y calibración

Coaxialidad <0,001 mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm (vástago recto) o 40-60 Nm (vástago cónico), limpie las virutas residuales en el mandril antes de la instalación.

6.5 Desgaste y mantenimiento

Reemplácelo cuando el desgaste de la cuchilla (VB) alcance 0,2 mm, el diámetro del orificio esté fuera de tolerancia ($>0,005$ mm) o presente rayones superficiales. Se recomienda revisarlo cada 15 horas y registrar los datos de desgaste para optimizar el ciclo de uso.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita brochas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es un escariador de filo espiral de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

El escariador de hoja espiral de carburo es una herramienta de corte de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de agujeros de alta precisión y una eficiente eliminación de viruta. Se utiliza ampliamente en el procesamiento mecánico, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz, la producción de equipos de energía y la fabricación de instrumentos de precisión. Su característica principal es el uso de un diseño de múltiples filos de hoja espiral (con ángulo de hélice), combinado con el excelente rendimiento de los materiales de carburo cementado, lo que permite el acabado de agujeros pretaladrados, la corrección de tamaño y la optimización del acabado superficial, con una buena capacidad de eliminación de viruta. El escariador de hoja espiral de carburo está basado en carburo cementado, con alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, adecuado para escariar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel, fundición y aleaciones de aluminio. El diseño de la cuchilla espiral mejora la eficiencia de arranque de viruta (incremento de la eficiencia entre un 30% y un 40%) y reduce la vibración (reducción de la vibración entre un 20% y un 30%) gracias a la inclinación del filo y el ángulo de hélice (generalmente de 10° a 40°). Es ideal para máquinas herramienta CNC, taladradoras, centros de mecanizado o equipos especiales de escariado, y permite realizar con eficiencia el escariado fino, el mecanizado de agujeros profundos y la corrección de redondez. La precisión de mecanizado alcanza los niveles IT5-IT7, y la rugosidad superficial alcanza Ra de 0,05 a 0,5 micras.

Los escariadores de hoja espiral de carburo ofrecen mayor eficiencia y estabilidad (la consistencia del acabado de la pared del agujero se incrementa en un 15 %) en agujeros profundos ($L/D > 5:1$) o en el procesamiento de materiales viscosos, y son especialmente adecuados para entornos que requieren corte continuo y una larga vida útil. Su diseño es altamente flexible, y el ángulo de hélice, el número de hojas y el tipo de vástago se pueden personalizar según el diámetro del agujero, la profundidad y el material de la pieza. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta puede integrarse con software CAM y sistemas de sensores para optimizar los parámetros de corte mediante la retroalimentación de datos en tiempo real.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con la creciente demanda de procesamiento de agujeros profundos y de materiales complejos en la fabricación moderna, los escariadores de hoja espiral de carburo se han convertido gradualmente en la norma en la industria gracias a su eficiente arranque de viruta y resistencia a la vibración, especialmente en los sectores de equipos aeroespaciales y energéticos. En 2025, con la aplicación generalizada de aleaciones de alto rendimiento (como las aleaciones de titanio) y materiales compuestos, se impondrán mayores requisitos en cuanto a resistencia térmica, eficiencia de corte y calidad superficial de los escariadores de hoja espiral, lo que impulsará la innovación continua en

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

el diseño de la geometría de las herramientas y la tecnología de recubrimiento.

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

Los escariadores de hoja espiral de carburo están diseñados para lograr un escariado eficiente, una excelente evacuación de viruta y resistencia a la vibración. Generalmente adoptan una estructura de mango recto o cónico, con una disposición de hoja espiral multifilo, que combina capacidades de corte axial y radial para adaptarse al procesamiento de agujeros profundos y complejos. El rango de diámetro es de 5 mm a 80 mm. Los escariadores de hoja espiral micro ($D < 10$ mm) se utilizan para el escariado de precisión de microagujeros, los de tamaño mediano ($D = 10-30$ mm) son adecuados para el procesamiento de agujeros en general y los grandes ($D > 30$ mm) se utilizan para el escariado de agujeros pesados o profundos. El grado de tolerancia es h7 (0/-0,01 mm). Los tipos de mango incluyen mango recto (DIN 6535 HA / HB) o mango cónico (BT40, CAT50, HSK-A63). El diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, el grado de tolerancia es h6 (0/-0,006 mm) y la longitud del vástago (100-400 mm) se personaliza según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina herramienta. El vástago cónico admite una alta transmisión de par (rango de par 30-200 Nm). La longitud total es de 150 mm a 800 mm, adecuada para CNC de tamaño mediano (150-300 mm) o centros de mecanizado de servicio pesado (400-800 mm), y el tipo extra largo (1000 mm) se utiliza para el escariado de agujeros ultraprofundos (profundidad de hasta 20D). La longitud de corte efectiva es de 30 mm a 600 mm. El escariado poco profundo (30-100 mm) es adecuado para el acabado de superficies, y el escariado profundo (300-600 mm) es adecuado para agujeros profundos o escariado de varias etapas. La relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 5:1 y 20:1. El número de filos de corte es de 2 a 10 filos de corte, dependiendo del diámetro y los requisitos de procesamiento. Los diámetros pequeños ($D < 15$ mm) son de 2 a 4 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 15$ mm) son de 4 a 10 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez. El error de la separación entre filos es $< 0,01$ mm. El ángulo de hélice es de $10^{\circ} - 40^{\circ}$, el valor estándar es de $15^{\circ} - 30^{\circ}$, el diseño de hélice optimiza la eliminación de viruta y la reducción de la vibración, $25^{\circ} - 30^{\circ}$ se utiliza comúnmente para el procesamiento fino para mejorar la calidad de la superficie, y $30^{\circ} - 40^{\circ}$ se puede seleccionar para el procesamiento de agujeros profundos para mejorar la eliminación de viruta. La longitud de la sección de guía de la cuchilla representa el 10% - 20% de la longitud total para garantizar paredes de agujero lisas. La cuchilla espiral se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar bordes lisos ($Ra \leq 0,02$ micras) y precisión geométrica. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 15 000 RPM) para reducir la vibración durante el escariado a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,5-2 mm, presión de 5-20 bar) o ranuras externas para viruta (ancho de 1-2 mm), que mejoran significativamente la evacuación de viruta (aumento de la eficiencia del 35 % al 40 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), ideal para el escariado de agujeros profundos o el procesamiento de materiales pegajosos. Algunos modelos introducen un

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

diseño de cabezal de herramienta modular, el cabezal de herramienta y la varilla de herramienta están conectados mediante roscas de alta precisión o bayoneta (tolerancia 6H/6g), admiten el reemplazo rápido y el reafilado de la hoja, y la longitud modular puede alcanzar los 800 mm.

2.2 Materiales

El material es principalmente un material compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y la estructura de partículas finas garantiza resistencia al desgaste y resistencia al impacto. Los grados comunes incluyen YG6X (contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y fundición, excelente resistencia al desgaste, vida útil de corte puede alcanzar 90-130 horas), YT15 (contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleación de titanio, vida útil puede alcanzar 100-140 horas), K30 (contenido de cobalto 8%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especial para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil puede alcanzar 110-160 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-800 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia térmica, la resistencia a la oxidación y la uniformidad microestructural.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según el grado (6%-12%), se añade carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla a 0,5-2 micras. Se utiliza un molino de bolas planetario (velocidad 50-100 RPM, tiempo 24-48 horas) para la mezcla húmeda y se añade etanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $<1\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y la composición química se analiza mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,05\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 150-200 MPa para formar la hoja en bruto, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ . Para mejorar la uniformidad, se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos). El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55) con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte láser y electroerosión para garantizar la precisión de conformado de la hoja espiral. La densidad de la hoja en bruto se mide mediante el método de Arquímedes (error $<0,1$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($<0,5\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en atmósfera de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 1-2 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar <50 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2200).

3.4 Posprocesamiento

El torneado exterior se realiza con herramientas CBN con una precisión de concentricidad <0,01 mm y una rugosidad superficial $Ra \leq 0,2$ micras. La cuchilla espiral se mecaniza en una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm), con un error de perfil de filo <0,005 mm y una superficie $Ra \leq 0,02$ micras. El pulido espejo con abrasivos de diamante de tamaño de grano W0,5-W1,0, filo $Ra \leq 0,01$ micras, y el pulido electrolítico (densidad de corriente 0,1 A/cm²) eliminan las rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada (0,1-0,2 mm, ángulo 5°-10°) para mejorar la resistencia al colapso del filo, y la geometría de la cuchilla se calibra mediante interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Mediante proceso PVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura 400-500 °C, velocidad de deposición 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen TiAlN (espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micras, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micras, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción <0,1), lo que reduce el coeficiente de fricción (<0,3) y aumenta la vida útil entre un 30 % y un 50 %. El SEM verifica la uniformidad del recubrimiento, y el nanoindentador prueba la dureza y la adhesión (>70 N), con una desviación de espesor de <0,5 micras.

3.6 Pruebas y embalaje

Se utilizan máquinas de medición de coordenadas (MMC) para comprobar el diámetro y la precisión de las cuchillas (<0,01 mm), y máquinas de equilibrado dinámico para corregir el desequilibrio (<5 g·mm/kg). Se utiliza un recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. El grabado láser del diámetro, la longitud, el número de cuchillas, la marca y el número de lote garantiza la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 1800-2200, recubierto HV 3400. Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (Vc): acero 40-150 m/min, aleación de titanio 25-100 m/min, aleación de aluminio 100-250 m/min.

Velocidad de avance (fz): 0,01-0,15 mm/rev. Profundidad de corte (ap): 0,01-3 mm (escariado fino).

Tolerancia: diámetro $\pm 0,005$ mm, precisión del orificio <0,003 mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,05-0,5 micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Fabricación de moldes

Escariado de precisión de orificios guía de molde, orificios de refrigeración y orificios internos. Los diámetros habituales son de 10 a 30 mm y las profundidades de 50 a 150 mm. Una fábrica de moldes utiliza un escariador de hoja espiral de 20 mm de diámetro para escariar con precisión los orificios de refrigeración de moldes de estampación. La velocidad de corte es de 100 m/min, el avance es de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,05 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,002$ mm tras el procesamiento, Ra de 0,1 micras, la vida útil de la herramienta es de 110 horas, la producción anual es de 1200 juegos de moldes y se ha mejorado la eficiencia en un 35 %. Se requiere una eficiente capacidad de arranque de viruta y procesamiento de orificios profundos, así como un sistema de refrigeración interna (15 bar).

5.2 Industria del automóvil

Escariado de precisión de orificios de cilindros de motor, cigüeñales y cajas de cambios, con diámetros comunes de 20-50 mm y profundidades de 80-200 mm. Una empresa de autopartes utiliza un escariador de hoja espiral de 30 mm de diámetro para escariar con precisión orificios de cilindros. Ofrece una velocidad de corte de 90 m/min, un avance de 0,04 mm/rev y una redondez del orificio $< 0,003$ mm tras el mecanizado, un Ra de 0,05 micras, una vida útil de la herramienta de 130 horas y una producción anual de 700.000 cilindros, lo que reduce el tiempo de proceso en un 25 %. La demanda de mecanizado de orificios profundos en carcasas de motores de vehículos eléctricos ha aumentado, y la alta eficiencia de los escariadores de hoja espiral se ha convertido en una ventaja.

5.3 Aeroespacial

Escariado de precisión de orificios de conexión de fuselaje y puntales de tren de aterrizaje de aleación de titanio o acero de alta resistencia. Diámetro habitual: 15-40 mm, profundidad: 100-300 mm. Una aerolínea utiliza un escariador de hoja espiral de 25 mm de diámetro para procesar orificios de conexión de aleación de titanio. Velocidad de corte: 60 m/min, avance: 0,03 mm/rev. Tras el procesamiento, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,002$ mm, Ra: 0,05 micras, vida útil de la herramienta: 140 horas, conforme a la norma AS9100. Se requiere resistencia al calor y capacidad para procesar orificios profundos, y la presión de refrigeración interna debe alcanzar los 20 bar.

5.4 Fabricación de equipos energéticos

Escariado de precisión de orificios para ejes de turbinas, cuerpos de bombas grandes y cuerpos de válvulas, con diámetros comunes de 30-70 mm y profundidades de 200-500 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza un escariador de cuchillas espirales de 40 mm de diámetro para procesar orificios para cuerpos de bombas hidráulicas, con una velocidad de corte de 80 m/min y una velocidad de avance de 0,06 mm/rev. El error de diámetro del orificio después del procesamiento es $< 0,003$ mm, Ra 0,1 micras y una vida útil de la herramienta de 150 horas. La producción anual es de 2500 cuerpos de bombas y la eficiencia se incrementa en un 30 %. Dado que los equipos de energía eólica y nuclear tienen mayores requisitos de precisión para orificios profundos, el diseño de arranque de viruta del escariador de cuchillas espirales es particularmente importante.

5.5 Instrumentos de precisión

Escariado de precisión de orificios para ejes de instrumentos ópticos y orificios de montaje de sensores. Los diámetros habituales son de 5 a 20 mm y las profundidades de 30 a 100 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza un escariador de hoja espiral de 10 mm de diámetro para procesar orificios para ejes de lentes ópticas. Su velocidad de corte es de 70 m/min, su avance es de 0,02 mm/rev, su tolerancia en el diámetro del orificio procesado es de $\pm 0,001$ mm, su Ra es de 0,04 micras, su vida útil es de 120 horas y su producción anual es de 500 000 instrumentos, de acuerdo con la norma ISO 2768. Ante la creciente demanda de procesamiento profundo de microorificios, la alta estabilidad del escariador de hoja espiral se ha convertido en un factor clave.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.6 Construcción naval

Escariado de precisión de orificios para cilindros de motores marinos y ejes de hélice. Los diámetros habituales son de 50 a 100 mm y las profundidades de 300 a 800 mm. Un astillero utiliza un escariador de cuchillas espirales de 80 mm de diámetro para procesar los orificios de los ejes de hélice. La velocidad de corte es de 70 m/min, el avance es de 0,08 mm/rev, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,003$ mm tras el procesamiento, Ra de 0,1 micras, la vida útil de la herramienta es de 160 horas, la producción anual es de 200 hélices y la eficiencia se incrementa en un 40 %. Se requiere alta rigidez y capacidad para procesar orificios profundos, y el sistema de refrigeración interno requiere un soporte de alta presión (20 bar).

6. Precauciones de uso

6.1 Requisitos de las máquinas herramienta

Taladradora CNC de cinco ejes o de alta resistencia, con descentramiento $< 0,003$ mm, potencia del husillo ≥ 5 kW, se recomienda utilizar un husillo de alta rigidez (rigidez de la guía > 4000 N / μm).

6.2 Refrigeración y lubricación

Fluido de corte de alta presión (10-20 bar, 20-30 L/min) o sistema de refrigeración interno (presión 5-20 bar), materiales viscosos (como acero inoxidable) requieren una refrigeración mejorada (caudal aumentado a 35 L/min).

6.3 Parámetros de corte

Vc 90 m/min, fz 0,03-0,08 mm/rev, profundidad de corte segmentada (5D por segmento), velocidad de avance reducida a la mitad para el mecanizado de agujeros profundos para optimizar la evacuación de viruta.

6.4 Instalación y calibración

Coaxialidad $< 0,001$ mm, fuerza de sujeción 30-60 Nm (vástago cónico) o 40-80 Nm (modular), calibre la coaxialidad del vástago de la herramienta y del husillo antes de la instalación.

6.5 Desgaste y mantenimiento

Reemplácela cuando el desgaste de la cuchilla (VB) alcance 0,2 mm, el diámetro del orificio esté fuera de tolerancia ($> 0,005$ mm) o presente rayones superficiales. Se recomienda revisarla cada 20 horas y registrar los datos de desgaste para optimizar su vida útil.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita brochas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es un escariador ajustable de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

El escariador ajustable de carburo es una herramienta de corte de alto rendimiento diseñada para el procesamiento de agujeros de alta precisión y ajuste flexible del tamaño. Es ampliamente utilizado en el procesamiento mecánico, fabricación de moldes, industria aeroespacial, industria automotriz, producción de dispositivos médicos, fabricación de instrumentos de precisión y otros campos. Su característica principal es el diseño combinado de cabezal de corte ajustable y filo de carburo. Puede ajustar con precisión el diámetro de corte a través del mecanismo de ajuste de precisión para cumplir con varios requisitos de diámetro de agujero y lograr un procesamiento de alta precisión. El escariador ajustable de carburo está basado en carburo y tiene alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas. Es adecuado para escariar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleación de titanio (HRC 30-35), aleación a base de níquel, hierro fundido y aleación de aluminio. El diseño ajustable permite ajustar el diámetro (rango de ajuste de 0,01 a 5 mm, precisión de $\pm 0,002$ mm) mediante roscas, excentricidad o mecanismos hidráulicos. Es ampliamente aplicable a máquinas herramienta CNC (CNC), taladradoras, centros de mecanizado o equipos de escariado especiales, y puede completar eficientemente el escariado de precisión de agujeros, la corrección de tamaño y la optimización del acabado superficial. La precisión de mecanizado puede alcanzar el nivel IT4-IT6, y la rugosidad superficial puede alcanzar Ra de 0,05 a 0,4 micras. El escariador ajustable de carburo ofrece mayor flexibilidad (adaptabilidad aumentada en un 50%-70%) y economía (frecuencia de reemplazo de herramienta reducida) en la producción de lotes pequeños, el procesamiento de agujeros con múltiples especificaciones o el ajuste fino de aperturas, y es particularmente adecuado para el procesamiento complejo de piezas de trabajo que requiere alta precisión y ajuste dinámico. Su diseño es altamente flexible, y la geometría de la cuchilla, el mecanismo de ajuste y el tipo de vástago se pueden personalizar según el rango de apertura, la profundidad y el material de la pieza de trabajo. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAM y sistemas de sensores para optimizar los parámetros de corte a través de retroalimentación de datos en tiempo real.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con la creciente demanda de producción personalizada y procesamiento de lotes pequeños de múltiples variedades, los escariadores ajustables de carburo se están popularizando en el campo de la fabricación de precisión gracias a su flexibilidad y alta precisión. En 2025, dado que las industrias manufactureras de alta gama (como la aeroespacial y la de dispositivos médicos) tendrán mayores requisitos en cuanto a tolerancias de procesamiento de orificios y calidad superficial, la tecnología de ajuste fino y la durabilidad de los escariadores ajustables se convertirán en el foco del desarrollo de la industria, impulsando la optimización continua del diseño de herramientas y la tecnología 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

materiales.

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

El diseño estructural de los escariadores ajustables de carburo busca un escariado de alta precisión, gran capacidad de ajuste y una excelente calidad superficial. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto o cónico, con una disposición de cuchilla de uno o varios filos, y están equipados con un mecanismo de ajuste de precisión para satisfacer los diferentes requisitos de diámetro de agujero. El rango de diámetro va de 3 mm a 60 mm. Los escariadores microajustables ($D < 10$ mm) se utilizan para el escariado de precisión de microagujeros, los medianos ($D = 10-30$ mm) son adecuados para el procesamiento general de agujeros, y los grandes ($D > 30$ mm) se utilizan para escariados pesados o de gran diámetro. El rango de ajuste es de 0,01-5 mm y la precisión es de $\pm 0,002$ mm. Los tipos de mango incluyen mango recto (DIN 6535 HA/HB) o mango cónico (BT40, CAT50). El diámetro del vástago coincide con el diámetro máximo de corte, el grado de tolerancia es h6 (0/-0,006 mm) y la longitud del vástago (100-350 mm) se personaliza según la profundidad de procesamiento y los requisitos de sujeción de la máquina herramienta. El vástago cónico admite una alta transmisión de par (rango de par de 20-150 Nm). La longitud total es de 150 mm a 600 mm, adecuada para CNC de tamaño mediano (150-300 mm) o centros de mecanizado de servicio pesado (400-600 mm), y el tipo extra largo (800 mm) se utiliza para el escariado de agujeros profundos (profundidad de hasta 15D). La longitud de corte efectiva es de 20 mm a 500 mm. El escariado poco profundo (20-80 mm) es adecuado para el acabado de superficies, y el escariado profundo (300-500 mm) es adecuado para agujeros profundos o escariado de varias etapas. La relación entre la longitud de corte y el diámetro generalmente se controla entre 3:1 y 15:1. El número de filos de corte es de 1 a 6, dependiendo del diámetro y los requisitos de procesamiento. Los diámetros pequeños ($D < 15$ mm) son de 1 a 3 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 15$ mm) son de 3 a 6 filos. Aumentar el número de filos puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez. El error de espaciado entre filos es $< 0,01$ mm. El diseño de la cuchilla puede ser recto o microhélice ($5^{\circ}-15^{\circ}$), y la longitud de la sección guía representa el 10%-20% de la longitud total para asegurar paredes de orificios lisos. El mecanismo de ajuste incluye rosca de precisión (paso 0,5-1 mm), ajuste excéntrico (excentricidad 0,01-3 mm) o ajuste fino hidráulico (presión 0,1-1 bar), y es procesado por una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para asegurar un filo de corte liso ($R_a \leq 0,02$ micras) y precisión geométrica. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, velocidad de prueba 12 000 RPM) para reducir la vibración durante el escariado a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta incorporan canales de refrigeración internos (diámetro de 0,3-1,5 mm, presión de 5-15 bar) o ranuras externas para virutas (ancho de 0,5-1,5 mm) para mejorar la evacuación de virutas (incremento de la eficiencia del 20 % al 30 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte < 500 °C), ideal para el escariado de agujeros profundos o el procesamiento de materiales pegajosos. Algunos modelos incorporan un diseño modular de cabezal de la herramienta, conectado a la barra de la herramienta mediante roscas de alta precisión (tolerancia 6H/6g), lo que facilita la sustitución y el reafilado rápido de la cuchilla.

2.2 Materiales

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

El material es principalmente un material compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y la estructura de partículas finas garantiza resistencia al desgaste y resistencia al impacto. Los grados comunes incluyen YG6X (contenido de cobalto 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 1800-2000 MPa, adecuado para acero endurecido y fundición, excelente resistencia al desgaste, vida útil de corte puede alcanzar 80-120 horas), YT15 (contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 800 °C, adecuado para acero inoxidable y aleación de titanio, vida útil puede alcanzar 90-130 horas), K25 (contenido de cobalto 7%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especial para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadherencia, vida útil puede alcanzar 100-150 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (400-700 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia térmica y la microestructura.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según el grado (6%-12%), se añade carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla a 0,5-2 micras. Se utiliza un molino de bolas planetario (velocidad 50-100 RPM, tiempo 24-48 horas) para la mezcla húmeda y se añade etanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $< 1\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y la composición química se analiza mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,05\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 150-200 MPa para formar la pieza bruta de la cuchilla, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ . Para mejorar la uniformidad, se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos). El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55) con una precisión de $\pm 0,02$ mm. El corte por láser y el mecanizado por electrochispa se utilizan para garantizar la precisión de conformado de la cuchilla y el mecanismo de ajuste. La densidad de la pieza bruta se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,1$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($< 0,5\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en atmósfera de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 1-2 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar < 50 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2200).

3.4 Posprocesamiento

Torneado exterior con herramientas CBN, precisión de concentricidad $<0,01$ mm, rugosidad superficial $Ra \leq 0,2$ micras. Rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión para filo de corte y mecanismo de ajuste (precisión $\pm 0,002$ mm), error de perfil del filo de corte $<0,005$ mm, superficie $Ra \leq 0,02$ micras. Pulido espejo con abrasivos de diamante de grano W0,5-W1,0, filo de corte $Ra \leq 0,01$ micras, pulido electrolítico (densidad de corriente $0,1$ A/cm²) para eliminar rebabas microscópicas. El biselado del filo de corte ($0,1-0,2$ mm, ángulo $5^{\circ}-10^{\circ}$) mejora la capacidad antiastillamiento, precisión de rosca del mecanismo de ajuste 6H/6g, geometría calibrada mediante interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Mediante proceso PVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura $400-500$ °C, velocidad de deposición $0,1-0,2$ μm/h). Los tipos de recubrimiento incluyen TiAlN (espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micras, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micras, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $<0,1$), lo que reduce el coeficiente de fricción ($<0,3$) y aumenta la vida útil entre un 30 % y un 50 %. El SEM verifica la uniformidad del recubrimiento, y el nanoindentador prueba la dureza y la adhesión (>70 N), con una desviación de espesor de $<0,5$ micras.

3.6 Pruebas finales y embalaje

Las máquinas de medición por coordenadas (MMC) detectan el diámetro, la precisión de la cuchilla y el rango de ajuste ($<0,01$ mm), y las máquinas de equilibrado dinámico corrigen el desequilibrio (<5 g·mm/kg). Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. Grabado láser del rango de diámetro, la longitud, la marca y el número de lote para garantizar la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 1800-2200, recubierto HV 3400. Resistencia al calor: $600^{\circ}\text{C}-1000^{\circ}\text{C}$.
Velocidad de corte (V_c): 30-120 m/min para acero, 20-80 m/min para aleación de titanio, 80-200 m/min para aleación de aluminio.
Velocidad de avance (f_z): $0,01-0,10$ mm/rev. Profundidad de corte (a_p): $0,01-2$ mm (escariado fino).
Tolerancia: Precisión de ajuste de diámetro $\pm 0,002$ mm, precisión de diámetro de orificio $<0,003$ mm. Rugosidad superficial: Ra $0,05-0,4$ micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Fabricación de moldes

Escariado de precisión de orificios para manguitos guía de moldes, orificios de posicionamiento y orificios de refrigeración. Los diámetros habituales son de 8-25 mm y las profundidades de 30-100 mm. Una fábrica de moldes utiliza un escariador ajustable de 15-20 mm de diámetro para escariar con precisión los orificios para manguitos guía de moldes de estampación. Este proceso se realiza a una velocidad de corte de 80 m/min, un avance de $0,03$ mm/rev, una precisión de ajuste de $\pm 0,002$ mm, una tolerancia del diámetro del orificio de $\pm 0,001$ mm tras el procesamiento, una Ra de $0,05$ micras, una vida útil de la herramienta de 100 horas, una producción anual de 1000 juegos de moldes y una reducción del 60 % en la sustitución de herramientas. Se requiere un acabado de alta calidad

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

y adaptabilidad a diversas especificaciones, así como un sistema de refrigeración interno (10 bar).

5.2 Industria del automóvil

Escariado de precisión de orificios para cilindros de motor, bielas y ejes de caja de cambios, con diámetros comunes de 15-40 mm y profundidades de 50-150 mm. Una empresa de autopartes utiliza un escariador ajustable de 20-30 mm de diámetro para escariar con precisión orificios para cilindros. Ofrece una velocidad de corte de 70 m/min, un avance de 0,02 mm/rev, una precisión de ajuste de $\pm 0,002$ mm, una redondez del orificio $< 0,002$ mm tras el mecanizado, un Ra de 0,04 micras, una vida útil de la herramienta de 120 horas, una producción anual de 600.000 cilindros y una reducción del 20 % en el tiempo de proceso. Ante la creciente demanda de mecanizado de orificios multiespecificación en los sistemas de transmisión de vehículos eléctricos, la flexibilidad del escariador ajustable se convierte en una ventaja.

5.3 Aeroespacial

Escariado de precisión de orificios de conexión de fuselaje de aleación de titanio o acero de alta resistencia y orificios de puntal de tren de aterrizaje. Diámetro común: 10-30 mm, profundidad: 80-200 mm. Una aerolínea utiliza un escariador ajustable de 15-25 mm de diámetro para procesar orificios de conexión de aleación de titanio. Velocidad de corte: 50 m/min, avance: 0,02 mm/rev, precisión de ajuste: $\pm 0,002$ mm, tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento: $\pm 0,001$ mm, Ra: 0,03 micras, vida útil de la herramienta: 130 horas, conforme a la norma AS9100. Se requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de refrigeración interna debe alcanzar los 15 bar.

5.4 Dispositivos médicos

Fresado de precisión de orificios internos para implantes ortopédicos o para posicionamiento de instrumental quirúrgico. Los diámetros habituales son de 4 a 12 mm y las profundidades de 10 a 50 mm. Una empresa médica utiliza un escariador ajustable de 6 a 10 mm de diámetro para procesar orificios internos de articulaciones de cadera de aleación de titanio. La velocidad de corte es de 40 m/min, el avance es de 0,01 mm/rev, la precisión de ajuste es de $\pm 0,002$ mm, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,001$ mm tras el procesamiento, el Ra es de 0,02 micras y la vida útil de la herramienta es de 90 horas, cumpliendo con los estándares de biocompatibilidad de la FDA. Se requiere una precisión y una calidad superficial extremadamente altas, y se suele utilizar un recubrimiento DLC para reducir la fricción.

5.5 Instrumentos de precisión

Escariado de precisión de orificios para ejes de instrumentos ópticos y orificios de montaje de sensores. Los diámetros comunes son de 5 a 15 mm y las profundidades de 20 a 80 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza un escariador ajustable con un diámetro de 8 a 12 mm para procesar orificios para ejes de lentes ópticas. Este escariador tiene una velocidad de corte de 60 m/min, una velocidad de avance de 0,02 mm/rev, una precisión de ajuste de $\pm 0,002$ mm, una tolerancia del diámetro del orificio de $\pm 0,001$ mm después del procesamiento, una Ra de 0,03 micras, una vida útil de la herramienta de 110 horas y una producción anual de 500.000 instrumentos, de acuerdo con la norma ISO 2768. Ante la creciente demanda de procesamiento de microagujeros con múltiples especificaciones, la alta adaptabilidad del escariador ajustable se convierte en un factor clave.

5.6 Fabricación de equipos energéticos

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Escariado de precisión de orificios para ejes de turbinas y orificios internos de cuerpos de bombas. Los diámetros habituales son de 20 a 50 mm y las profundidades de 100 a 300 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza un escariador ajustable de 30 a 40 mm de diámetro para procesar orificios de cuerpos de bombas hidráulicas. La velocidad de corte es de 70 m/min, el avance es de 0,03 mm/rev, la precisión de ajuste es de $\pm 0,002$ mm, el error de diámetro del orificio es $< 0,002$ mm después del procesamiento, Ra de 0,05 micras, la vida útil de la herramienta es de 140 horas, la producción anual es de 2000 cuerpos de bombas y la eficiencia aumenta un 25 %. Se requiere alta precisión y capacidad de procesamiento de orificios profundos, y el sistema de refrigeración interna requiere un soporte de alta presión (15 bar).

6. Precauciones de uso

6.1 Requisitos de las máquinas herramienta

CNC de tres o cinco ejes, descentramiento $< 0,003$ mm, potencia del husillo ≥ 3 kW, se recomienda utilizar un husillo de alta rigidez (rigidez de la guía > 3000 N / μm).

6.2 Refrigeración y lubricación

Fluido de corte de alta presión (10 bar, 15-20 L/min) o sistema de refrigeración interno (presión 5-15 bar), materiales viscosos (como acero inoxidable) requieren una refrigeración mejorada (caudal aumentado a 25 L/min).

6.3 Parámetros de corte

Vc 70 m/min, fz 0,02-0,05 mm/rev, profundidad de corte segmentada (3D por segmento), recalibración de los parámetros de corte después del ajuste para optimizar la calidad de la superficie.

6.4 Instalación y calibración

Coaxialidad $< 0,001$ mm, fuerza de sujeción 20-40 Nm (vástago recto) o 30-60 Nm (vástago cónico), calibre el mandril de la herramienta y ajuste la coaxialidad del mecanismo antes de la instalación.

6.5 Desgaste y mantenimiento

Reemplace la cuchilla cuando el desgaste VB alcance 0,2 mm, el diámetro del orificio esté fuera de tolerancia ($> 0,005$ mm) o presente rayones superficiales. Se requiere mantenimiento cuando el mecanismo de ajuste esté desgastado (holgura $> 0,01$ mm). Se recomienda revisarlo cada 15 horas y registrar los datos de desgaste para optimizar el ciclo de uso.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita brochas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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


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

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

apéndice:

¿Qué son las brocas de carburo?

Las brochas de carburo son herramientas de alta precisión que se utilizan para un corte y conformado eficientes en el mecanizado. Gracias a su excelente dureza y resistencia al desgaste, ofrecen un soporte fiable para el procesamiento de contornos complejos en la superficie o el interior de las piezas. Estas brochas cortan gradualmente la pieza con un movimiento lineal en una brochadora o equipo especial para lograr el procesamiento de formas precisas como dientes, chaveteros, engranajes o agujeros poligonales. Se utilizan ampliamente en entornos de fabricación que requieren alta eficiencia y calidad. Las brochas de carburo se basan en carburo de tungsteno (WC), con cobalto (Co) añadido como aglutinante, y se sinterizan mediante pulvimetalurgia de precisión. Los grados de material más comunes incluyen YG10 (alta tenacidad, apto para corte intermitente), YT20 (fuerte resistencia al calor, apto para el procesamiento de acero) e YW3 (excelente rendimiento integral, apto para contornos complejos). Sus diseños son diversos, con estructuras de carburo integrales y configuraciones modulares con dientes segmentados o reemplazables. El cuerpo de la herramienta generalmente está hecho de acero de alta resistencia o carburo para garantizar la estabilidad durante el brochado con carga elevada.

1. Diseño y optimización de geometría

de brochas de carburo es la clave para su corte eficiente. Los diseñadores ajustan los parámetros para cumplir con los diferentes requisitos de procesamiento. El filo de la brocha suele ser escalonado, con un ángulo de ataque entre 0° y 5° . Este diseño de ángulo pequeño ayuda a reducir la fuerza de corte y a garantizar un corte suave; el ángulo posterior suele estar entre 5° y 10° para garantizar que la brocha no se desgaste excesivamente al entrar en contacto con la pieza de trabajo; el chafán del filo de corte (0,1-0,2 mm) mejora la capacidad de resistir el astillado dispersando la tensión, especialmente en el brochado intermitente. Las brochas cilíndricas son adecuadas para el acabado de agujeros circulares, con un rango de diámetro de 10 a 100 mm y una longitud de hasta 500 mm; las brochas para chaveteros están diseñadas para el procesamiento de chaveteros o estrías, con un ancho de 5 a 50 mm y una longitud ajustada según la profundidad de la pieza de trabajo; Las brochas para engranajes se utilizan para el conformado de perfiles de engranajes, con un número de dientes de 10 a 50, ideales para la producción en masa. La optimización geométrica combina el diseño asistido por computadora (CAD) y el análisis de elementos finitos para garantizar la estabilidad de la brocha durante el brochado a baja velocidad y alta carga (hasta 50 m/min). El ancho del canal de viruta (2-4 mm) se ajusta según la profundidad de corte para garantizar una evacuación fluida de la viruta.

2. Recubrimiento y tratamiento de superficies

La tecnología de recubrimiento ha proporcionado a las brochas de carburo ventajas de rendimiento adicionales, lo que les permite adaptarse a entornos de mecanizado más complejos. Los recubrimientos PVD (deposición física de vapor) como TiN (amarillo dorado, 2-5 micras de espesor) proporcionan una buena protección contra el desgaste y son particularmente adecuados para el mecanizado de metales no ferrosos; los recubrimientos CVD (deposición química de vapor) como TiAlN (negro púrpura, 10-20 micras de espesor) son ideales para el brochado de acero y hierro

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

fundido con su resistencia al calor de hasta 1000 °C. En términos de tratamiento de superficie, el proceso de pulido controla la rugosidad de la superficie a $Ra < 0,2$ micras para reducir la adhesión de viruta; la tecnología de microtexturizado láser talla ranuras de microlubricación en la superficie de la brocha para reducir el coeficiente de fricción; algunas brochas de gama alta utilizan nano-recubrimientos (como nano- $TiAlN$, con granos de menos de 50 nanómetros), lo que mejora significativamente el rendimiento en el mecanizado de ultraprecisión. La adhesión del recubrimiento se verifica mediante pruebas de rayado (carga crítica > 80 N) para garantizar que el recubrimiento no se desprenda durante el brochado con carga alta.

3. Características técnicas y prestaciones

de brochas de carburo las convierte en un poderoso asistente para el procesamiento de conformado eficiente y ha ganado un alto reconocimiento en la industria. La velocidad de corte varía de 5 a 50 metros por minuto, dependiendo del material de la pieza de trabajo. Por ejemplo, el acero suele ser de 10 a 30 metros por minuto, mientras que el hierro fundido puede alcanzar de 20 a 50 metros por minuto. En términos de dureza, la dureza de las brochas está generalmente entre HV 1800 y 2100. YT20 puede alcanzar HV 2000 a 2100 debido al carburo de titanio, que es suficiente para hacer frente a piezas de trabajo de alta dureza. La tenacidad a la fractura es de 14 a $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$. El grado YG10 es más tenaz debido a su alto contenido de cobalto (10%), que es particularmente adecuado para el brochado intermitente. La resistencia al desgaste es inferior a 0,03 milímetros cúbicos por Newton metro, y se reduce aún más a 0,02 milímetros cúbicos por Newton metro tras el recubrimiento, lo que prolonga considerablemente su vida útil. La resistencia térmica puede alcanzar hasta 1000 °C (gracias al recubrimiento CVD), lo que lo hace estable en entornos de alta temperatura. La precisión de procesamiento se controla con un margen de error de 0,01 mm, lo que cumple con los requisitos del moldeo de alta precisión.

4. Requisitos de tramitación y solicitudes

El uso de brochas de carburo refleja su valor único en la fabricación eficiente. Los parámetros de corte varían según el material. Por ejemplo, la velocidad de corte del acero es de 10 a 30 metros por minuto, la velocidad de avance es de 0,02 a 0,1 mm por carrera y la profundidad de corte es de 0,5 a 2 mm; el hierro fundido requiere una velocidad de corte de 20 a 50 metros por minuto, una velocidad de avance de 0,05 a 0,15 mm por carrera y una profundidad de corte de 1 a 3 mm. La elección del método de refrigeración también es crucial. El brochado en seco es adecuado para el hierro fundido y puede reducir el uso de refrigerante; el brochado húmedo con refrigerante en emulsión o a base de aceite es más adecuado para acero y aleaciones de titanio, lo que puede reducir eficazmente el daño térmico; para el brochado de contornos complejos, la refrigeración a baja presión (5-10 bar) mejora significativamente la eficiencia de arranque de viruta mediante pulverización externa. En aplicaciones prácticas, la industria automotriz a menudo utiliza brochas para procesar ejes de engranajes y orificios estriados, que requieren alta eficiencia y calidad superficial. La fabricación de moldes depende de él para formar la forma de los dientes de las matrices de estampación, centrándose en la precisión del contorno; la industria mecánica, como el procesamiento por lotes de agujeros poligonales, también depende de su excelente rendimiento.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Desafíos y soluciones

Utilizando brochas de carburo, estos problemas se pueden resolver adecuadamente mediante estrategias de afrontamiento científicas. Durante el proceso de brochado, la mala eliminación de viruta es un problema común en el procesamiento de contornos complejos, que se puede aliviar optimizando el diseño de la ranura de viruta y añadiendo recubrimientos autolubricantes (como MoS_2); la acumulación de calor es propensa a ocurrir en el brochado de alta carga, y un sistema de refrigeración eficiente y un recubrimiento resistente al calor pueden controlar eficazmente la temperatura; el desgaste de la brocha puede causar errores de contorno, y la selección de grados de alta resistencia al desgaste y el tratamiento de refuerzo de bordes pueden mejorar la estabilidad; para materiales pegajosos, la adhesión superficial es el principal problema, y la limpieza regular o el uso de recubrimientos de baja fricción pueden prolongar significativamente la vida útil. Juntas, estas soluciones garantizan la confiabilidad de las brochas en condiciones de trabajo complejas.

6. Tendencias de optimización y desarrollo

El desarrollo de brochas de carburo cementado refleja la búsqueda de eficiencia e inteligencia en la industria. En cuanto a la optimización estructural, el canal de refrigeración por pulverización externo integrado reduce eficazmente la temperatura de la brocha, el diseño segmentado facilita la sustitución de piezas desgastadas y la tecnología de equilibrado dinámico mejora la estabilidad del brochado a baja velocidad y alta carga. En cuanto a la innovación de materiales, el carburo nanocementado mejora la dureza y la tenacidad gracias a sus granos finos (menos de 0,5 micras), y el diseño de material en gradiente permite que la brocha tenga una alta dureza y tenacidad. La tendencia hacia la inteligencia permite integrar sensores en la brocha para monitorizar el desgaste y la temperatura en tiempo real y ajustar dinámicamente los parámetros de brochado mediante algoritmos de inteligencia artificial. En cuanto a la tecnología de fabricación, las tecnologías de impresión 3D, como la fusión selectiva por láser (SLM), permiten crear estructuras de brocha complejas, optimizando los canales de refrigeración, mientras que la tecnología de deposición láser permite reparar brochas desgastadas. La tendencia de protección del medio ambiente ha promovido el desarrollo de recubrimientos de brochado en seco (como los recubrimientos compuestos de grafeno), reduciendo la dependencia de los refrigerantes, mientras que el uso de materiales reciclables también reduce el impacto ambiental.

7. Vida útil y mantenimiento

La vida útil de las brochas de carburo varía según las condiciones de procesamiento y los materiales de la pieza, y generalmente es de entre 20 y 50 horas, como aproximadamente 30 horas para el procesamiento de acero y hasta 40 horas para el procesamiento de hierro fundido. El mantenimiento incluye el afilado regular, el uso de muelas de diamante para garantizar un error de ángulo inferior a $0,5^\circ$, la reparación del recubrimiento mediante tecnología CVD para restaurar el rendimiento y el preajuste láser para garantizar un error inferior a 0,01 mm. Estas medidas pueden prolongar eficazmente la vida útil de la brocha. Una vez desechada, los materiales de tungsteno y cobalto que contiene se pueden reciclar y reutilizar fundiéndolos y devolviéndolos al horno, lo que refleja el concepto de desarrollo sostenible.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. Clasificación detallada

Las brocas de carburo se pueden dividir en varias categorías según los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación, cada tipo tiene su propio diseño y propósito únicos:

Brocha cilíndrica

Adecuada para el acabado y conformado de agujeros circulares, con diámetros de 10 a 100 mm y longitudes de hasta 500 mm. Ángulo de ataque de 0° a 3°, ángulo de retroceso de 5° a 8°, grado YG10, recubrimiento de TiN (espesor de 2 a 5 micras) para mayor resistencia al desgaste. Velocidad de corte de 10 a 30 m/min, precisión inferior a 0,01 mm, ampliamente utilizada en el procesamiento de agujeros para rodamientos y piezas cilíndricas.

Brocha para chavetero

Diseñado para el procesamiento de chaveteros o ranuras, ancho de 5 a 50 mm, longitud ajustable según la profundidad de la pieza. Ángulo de ataque de 0° a 5°, ángulo de retroceso de 5° a 10°, grado YT20, recubrimiento de TiAlN (espesor de 10-20 micras) para mejorar la resistencia al calor. Velocidad de corte de 5 a 20 metros por minuto, precisión inferior a 0,01 mm, comúnmente utilizado en el procesamiento de ejes de engranajes y ejes de transmisión.

Brocha para engranajes

Se utiliza para el conformado de perfiles de engranajes, con un número de dientes de 10 a 50 y una longitud de hasta 600 mm. El ángulo de ataque es de 0° a 5°, el ángulo de retroceso de 5° a 10° y se selecciona el grado YW3. El recubrimiento multicapa (como TiN+Al₂O₃) ofrece un rendimiento integral. La velocidad de corte es de 5 a 15 metros por minuto y la precisión es inferior a 0,01 mm. Se utiliza ampliamente en la producción en masa de engranajes.

9. Selección y emparejamiento

La elección de la brocha de carburo adecuada requiere una consideración exhaustiva del material de la pieza y el tipo de procesamiento. Por ejemplo, para el brochado de acero, elija la brocha de chavetero YT20; para el conformado de fundición, la brocha cilíndrica YG10; y para el mecanizado de engranajes, la brocha de engranajes YW3 con recubrimiento multicapa es más adecuada. El rendimiento de la máquina herramienta también es crucial. La brochadora debe tener una fuerza de tracción superior a 10 toneladas y una velocidad de 5 a 50 metros por minuto para aprovechar al máximo el potencial de la brocha.

10. Tabla resumen de clasificación

Broche tipo	Número de dientes/ancho (mm)	Diámetro/Longitud (mm)	Ángulo frontal (°)	Ángulo trasero (°)	Aplicable Marca	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
cilindro Broche	-	10-100 / 500	0-3	5-8	YG10	TiN (2-5 μm)	10-30	0,5-2	<0,01	Orificios de apoyo, piezas cilíndricas

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Broche tipo	Número de dientes/anchura (mm)	Diámetro/Longitud (mm)	Ángulo frontal (°)	Ángulo trasero (°)	Aplicable Marca	Tipo de recubrimiento	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
chavetero Broche	5-50	- / Ajuste	0-5	5-10	Año 20	TiAlN (10-20 μm)	5-20	0,5-2	<0,01	eje de engranaje, eje de transmisión
engranaje Broche	10-50	- / 600	0-5	5-10	YW3	TiN + Al ₂ O ₃	5-15	0,5-2	<0,01	Lote de engranajes, formación

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita brochas de carburo cementado , le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad. Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com
Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son las herramientas de conformado de carburo ?

Las herramientas de conformado de carburo son herramientas de precisión que se utilizan para conformar contornos complejos y formas especiales en el mecanizado. Gracias a su excelente dureza y resistencia al desgaste, ofrecen soluciones eficientes para el conformado personalizado de la superficie o el interior de las piezas. Estas herramientas pueden completar el procesamiento de superficies no circulares y curvas, o contornos específicos, en una sola pasada mediante movimientos de corte o deformación plástica en tornos, fresadoras o equipos especiales. Se utilizan ampliamente en entornos de fabricación que requieren alta precisión y formas únicas. Las herramientas de conformado de carburo se basan en carburo de tungsteno (WC), con cobalto (Co) añadido como aglutinante, y se sinterizan mediante un proceso de pulvimetalurgia de precisión. Los grados de material más comunes incluyen YG6 (dureza moderada, adecuado para conformado general), YT25 (alta resistencia térmica, adecuado para el procesamiento de acero) e YW4 (excelente rendimiento integral, adecuado para contornos complejos). Sus diseños son diversos, con estructuras de carburo integral y configuraciones ajustables o modulares. El cuerpo de la herramienta generalmente está hecho de acero o carburo de alta resistencia para garantizar la estabilidad en un procesamiento diversificado.

1. Diseño y optimización de geometría

El diseño geométrico de las herramientas de conformado de carburo es la clave para lograr un conformado complejo. Los diseñadores ajustan los parámetros para cumplir con los diferentes requisitos de procesamiento. El ángulo frontal de la herramienta generalmente se establece entre 5° y 15°. Este diseño de ángulo se ajusta según el material y la forma de la pieza de trabajo para equilibrar la fuerza de corte y la calidad de la superficie; el ángulo posterior generalmente está entre 6° y 12° para garantizar que la herramienta permanezca estable cuando está en contacto con la pieza de trabajo para evitar un desgaste excesivo; el chafán del filo de corte (0,1-0,3 mm) mejora la capacidad de resistir el astillado dispersando la tensión, especialmente en el corte intermitente. Las herramientas de torneado de conformado son adecuadas para el conformado no circular de círculos externos o caras finales, con un rango de diámetro de 10 a 100 mm, y la cuchilla se personaliza según el contorno de la pieza de trabajo; las fresas de conformado se utilizan para el procesamiento complejo de superficies curvas, con un diámetro de 20 a 150 mm y 2 a 8 cuchillas; Las herramientas de fundición a presión combinan corte y deformación plástica, con un diámetro de 50 a 200 mm, ideales para la producción en masa. La optimización geométrica combina diseño asistido por computadora (CAD) y análisis de elementos finitos para garantizar la estabilidad de la herramienta a velocidades moderadas (hasta 5000 rpm o 200 m/min). El ancho del canal de viruta (2-5 mm) se ajusta según la profundidad de corte para garantizar una evacuación fluida de la viruta.

2. Recubrimiento y tratamiento de superficies

La tecnología de recubrimiento ha inyectado ventajas de rendimiento adicionales en las herramientas de conformado de carburo, lo que les permite adaptarse a entornos de procesamiento más complejos. Los recubrimientos PVD (deposición física de vapor) como TiN (amarillo dorado, 2-5 micras de espesor) proporcionan buena protección contra el desgaste y son particularmente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

adecuados para procesar aleaciones de aluminio y materiales de cobre; los recubrimientos CVD (deposición química de vapor) como TiAlN (negro púrpura, 10-25 micras de espesor) son ideales para conformar aleaciones de acero y titanio con su resistencia al calor de hasta 1100 °C. En términos de tratamiento de superficie, el proceso de pulido controla la rugosidad de la superficie a $Ra < 0,2$ micras para reducir la adhesión de viruta; la tecnología de microtexturizado láser graba ranuras de microlubricación en la superficie de la herramienta para reducir el coeficiente de fricción; algunas herramientas de conformado de alta gama utilizan nano-recubrimientos (como nano- TiAlN, con granos de menos de 50 nanómetros), lo que mejora significativamente el rendimiento en el procesamiento de ultraprecisión. La adherencia del revestimiento se verifica mediante pruebas de rayado (carga crítica > 80 N) para garantizar que el revestimiento no se desprenda durante el uso a largo plazo.

3. Características técnicas y prestaciones

El rendimiento técnico de las herramientas de conformado de carburo cementado las convierte en un potente asistente para el procesamiento de conformado complejo y ha ganado un alto reconocimiento en la industria. La velocidad de corte varía de 50 a 300 metros por minuto, dependiendo del material de la pieza de trabajo. Por ejemplo, el acero suele ser de 100 a 200 metros por minuto, mientras que las aleaciones de aluminio pueden alcanzar de 200 a 300 metros por minuto. En términos de dureza, la dureza de la herramienta está generalmente entre HV 1800 y 2200. YT25 puede alcanzar HV 2100 a 2200 debido al carburo de titanio, que es suficiente para hacer frente a piezas de trabajo de alta dureza. La tenacidad a la fractura es de 12 a $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$. El grado YG6 tiene una tenacidad equilibrada debido a su contenido moderado de cobalto (6%), que es particularmente adecuado para el conformado continuo. La resistencia al desgaste es inferior a $0,03$ milímetros cúbicos por Newton metro y, tras el recubrimiento, se reduce aún más a $0,02$ milímetros cúbicos por Newton metro, lo que prolonga considerablemente su vida útil. Su resistencia térmica alcanza los 1100 °C (gracias al recubrimiento CVD), lo que lo hace estable en entornos de alta temperatura. La precisión de procesamiento se controla con un margen de error de $0,01$ mm, cumpliendo así con los estrictos requisitos del procesamiento de contornos complejos.

4. Requisitos de tramitación y solicitudes

Los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación de las herramientas de conformado de carburo cementado reflejan su valor único en la fabricación personalizada. Los parámetros de corte varían según el material. Por ejemplo, la velocidad de corte del acero es de 100 a 200 metros por minuto, la velocidad de avance es de $0,05$ a $0,2$ mm por revolución y la profundidad de corte es de $0,5$ a 3 mm; las aleaciones de aluminio requieren una velocidad de corte de 200 a 300 metros por minuto, una velocidad de avance de $0,1$ a $0,3$ mm por revolución y una profundidad de corte de 1 a 5 mm. La elección del método de enfriamiento también es crítica. El corte en seco es adecuado para aleaciones de aluminio y puede reducir el uso de refrigerante; el corte húmedo con emulsión o refrigerante a base de aceite es más adecuado para aleaciones de acero y titanio, que pueden reducir eficazmente el daño térmico; para el procesamiento de superficies complejas, el enfriamiento a baja presión (5 - 15 bar) mejora significativamente la eficiencia de eliminación de viruta mediante pulverización externa. En aplicaciones prácticas, la industria automotriz a menudo utiliza herramientas de conformado para procesar árboles de levas y piezas curvas, que requieren alta

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

precisión y calidad de superficie; la fabricación de moldes se basa en él para formar cavidades de molde complejas, centrándose en la consistencia del contorno; la industria de la aviación, como el conformado no circular de raíces de álabes, también depende de su excelente desempeño.

5. Desafíos y soluciones

Existen algunos desafíos al usar herramientas de conformado de carburo, pero estos problemas pueden resolverse adecuadamente mediante estrategias de afrontamiento científicas. Durante el proceso de conformado, la deficiente evacuación de la viruta es un problema común en el procesamiento de contornos complejos, que puede mitigarse optimizando el diseño de la ranura de la viruta y añadiendo recubrimientos autolubricantes (como MoS₂); la acumulación de calor es propensa a ocurrir en el conformado continuo, y un sistema de refrigeración eficiente y un recubrimiento resistente al calor pueden controlar eficazmente la temperatura; la excentricidad de la herramienta puede causar errores de contorno, y el uso de un cuerpo de herramienta de alta rigidez y un tratamiento de refuerzo del filo puede mejorar la estabilidad; para materiales duros, el desgaste acelerado es el principal problema, y el afilado regular o el uso de recubrimientos de diamante pueden prolongar significativamente la vida útil. Estas soluciones en conjunto garantizan la fiabilidad de las herramientas de conformado en condiciones de trabajo complejas.

6. Tendencias de optimización y desarrollo

La optimización y el desarrollo de las herramientas de conformado de carburo cementado reflejan la búsqueda de la eficiencia y la inteligencia en la industria. En cuanto a la optimización estructural, el canal de refrigeración por pulverización externo integrado reduce eficazmente la temperatura de la herramienta, el diseño ajustable del cabezal de la herramienta facilita la adaptación a diferentes contornos y la tecnología de equilibrado dinámico mejora la estabilidad del procesamiento a velocidad media. En cuanto a la innovación de materiales, el carburo nanocementado mejora la dureza y la tenacidad gracias a sus granos finos (menos de 0,5 micras), y el diseño de material en gradiente permite que la herramienta de conformado tenga una alta dureza y tenacidad. La tendencia hacia la inteligencia permite integrar sensores en la herramienta para monitorizar el desgaste y la temperatura en tiempo real, y ajustar dinámicamente los parámetros de conformado mediante algoritmos de inteligencia artificial. En cuanto a la tecnología de fabricación, las tecnologías de impresión 3D, como la fusión selectiva por láser (SLM), permiten crear estructuras de herramientas complejas, optimizando los canales de refrigeración, mientras que la tecnología de deposición láser permite reparar herramientas desgastadas. La tendencia de protección del medio ambiente ha promovido el desarrollo de recubrimientos de corte en seco (como los recubrimientos compuestos de grafeno), reduciendo la dependencia de los refrigerantes, mientras que el uso de materiales reciclables también reduce el impacto ambiental.

7. Vida útil y mantenimiento

La vida útil de las herramientas de conformado de carburo varía según las condiciones de procesamiento y los materiales de la pieza, y generalmente se sitúa entre 15 y 40 horas, como unas 20 horas para el procesamiento de acero y hasta 30 horas para el procesamiento de aleaciones de aluminio. El mantenimiento incluye el afilado regular, el uso de muelas de diamante para garantizar

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

un error de ángulo inferior a $0,5^{\circ}$, la reparación del recubrimiento mediante tecnología CVD para restaurar el rendimiento y el preajuste láser para garantizar un error inferior a $0,01$ mm. Estas medidas pueden prolongar eficazmente la vida útil de las herramientas de conformado. Tras el desguace de la herramienta, los materiales de tungsteno y cobalto que contiene se pueden reciclar y reutilizar fundiéndolos y devolviéndolos al horno, lo que refleja el concepto de desarrollo sostenible.

8. Estándares y certificación de la industria

La producción y el uso de herramientas de conformado de carburo cementado deben cumplir con las normas internacionales y nacionales, como la norma ISO 3002-1 en la norma ISO y la serie estándar nacional china GB/T, para garantizar la calidad y la seguridad.

9. Clasificación detallada

Las herramientas de conformado de carburo se pueden dividir en varias categorías según los requisitos de procesamiento y los escenarios de aplicación, cada tipo tiene su propio diseño y propósito únicos:

Herramienta de torneado de conformación : Adecuada para el conformación no circular de círculos exteriores o caras frontales, con un rango de diámetro de 10 a 100 mm. La cuchilla se adapta al contorno de la pieza. El ángulo de ataque es de 5° a 10° , el ángulo de retroceso de 6° a 10° y se selecciona el grado YG6. El recubrimiento de TiN (espesor de 2-5 micras) proporciona resistencia al desgaste. La velocidad de corte es de 100 a 200 metros por minuto y la precisión es inferior a $0,01$ mm. Se utiliza ampliamente en el procesamiento de árboles de levas y piezas con superficies curvas.

Fresa de forma : para el procesamiento de superficies complejas, diámetro de 20 a 150 mm, número de cuchillas de 2 a 8. Ángulo de ataque de 5° a 15° , ángulo de retroceso de 6° a 12° , grado YT25, recubrimiento de TiAlN (espesor de 10-25 micras) para mejorar la resistencia al calor. Velocidad de corte de 100 a 300 metros por minuto, precisión inferior a $0,01$ mm, comúnmente utilizada en el procesamiento de cavidades de moldes y piezas de aviación.

Herramienta de troquelado : Combina corte y deformación plástica, diámetro de 50 a 200 mm, cuchilla diseñada según la forma de la pieza. Ángulo de ataque de 5° a 10° , ángulo de retroceso de 6° a 10° , grado YW4, recubrimiento multicapa (como $\text{TiN}+\text{Al}_2\text{O}_3$) que ofrece un rendimiento integral. Velocidad de corte de 50 a 150 m/min, precisión inferior a $0,01$ mm, ampliamente utilizada en conformado no circular a gran escala.

10. Selección y emparejamiento

La elección de la herramienta de conformado de carburo adecuada requiere una consideración exhaustiva del material de la pieza y el tipo de procesamiento. Por ejemplo, para el conformado de acero, se recomienda la fresa de conformado YT25; para el procesamiento de aleaciones de aluminio, la herramienta de torneado de conformado YG6; y para el procesamiento de superficies curvas complejas, es más adecuada la herramienta de fundición a presión YW4 con recubrimiento multicapa. El rendimiento de la máquina herramienta también es crucial. La potencia del husillo debe superar los 5 kilovatios, la velocidad debe alcanzar de 1000 a 5000 revoluciones por minuto, o la velocidad de corte debe alcanzar de 50 a 300 metros por minuto para aprovechar al máximo el

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

potencial de la herramienta de conformado.

11. Tabla resumen de clasificación

Tipo de herramienta	Número de cuchillas	diámetro (milímetros)	Ángulo de inclinación (°)	Ángulo de alivio (°)	Aplicable Marca	revestimiento tipo	Velocidad de corte (m/min)	Profundidad de corte (milímetros)	Exactitud (milímetros)	Aplicaciones típicas
Herramienta de torneado de conformación	-	10-100	5-10	6-10	YG6	TiN (2-5 μm)	100-200	0,5-3	<0,01	Árbol de levas, piezas curvas
Fresa de forma	2-8	20-150	5-15	6-12	YT25	TiAlN (10-25 μm)	100-300	1-5	<0,01	Cavidad de molde, piezas de aviación
Herramienta de moldeo	-	50-200	5-10	6-10	YW4	TiN + Al ₂ O ₃	50-150	0,5-3	<0,01	Conformado no redondo en lotes grandes

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita herramientas de conformado de carburo cementado , ¡estamos dispuestos a brindarle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

 Tel: +86 592 5129696  Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat : "China Tungsten Online"



apéndice:

¿Qué es una herramienta de torneado de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

Las herramientas de torneado de carburo son herramientas de corte de alto rendimiento diseñadas para el procesamiento de contornos complejos y el torneado de precisión. Se utilizan ampliamente en el procesamiento mecánico, la fabricación de moldes, la industria automotriz, la industria aeroespacial, la producción de equipos energéticos y la fabricación de instrumentos de precisión. Su característica principal es que la cuchilla de carburo permite completar el acabado de contornos específicos (como roscas, ranuras, protuberancias, chaflanes, etc.) de una sola vez, sin necesidad de realizar múltiples ajustes en la pieza o la herramienta. Las herramientas de torneado de carburo utilizan carburo como material base, presentan alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a altas temperaturas, y son adecuadas para torneear materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), aleaciones de níquel, fundición y aleaciones de aluminio. La cuchilla de carburo se conforma en una forma geométrica específica mediante rectificado de precisión. Es ideal para tornos CNC, tornos convencionales o centros de mecanizado. Puede completar eficientemente el torneado de círculos externos, caras frontales, escalones, roscas y superficies curvas complejas. La precisión de procesamiento puede alcanzar niveles IT6-IT8, y la rugosidad superficial puede alcanzar Ra de 0,2-0,8 micras. En comparación con las herramientas de torneado convencionales, las herramientas de torneado de conformado de carburo ofrecen mayor eficiencia (eficiencia de producción incrementada entre un 30% y un 50%) y consistencia (error de contorno <0,01 mm) en la producción en masa de piezas complejas. Es especialmente adecuada para escenarios que requieren un procesamiento de alta precisión y repetibilidad. Ofrece una gran flexibilidad de diseño y permite personalizar la forma y el ángulo de la cuchilla según el contorno de la pieza de trabajo. Gracias al avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta puede integrarse con software CAD/CAM para optimizar la trayectoria de corte mediante modelos digitales.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con la creciente demanda de automóviles ligeros, piezas aeroespaciales de alto rendimiento y moldes de precisión, las herramientas de torneado de carburo para conformado cobran cada vez mayor importancia en la fabricación moderna gracias a su eficiente capacidad de conformado y durabilidad. En 2025, con la creciente aplicación de nuevos materiales (como aleaciones de alta entropía) y formas geométricas complejas, se impondrán mayores requisitos en cuanto a precisión de filo, resistencia térmica y vida útil de las herramientas de torneado de conformado, lo que impulsará la innovación continua en el diseño de herramientas, la proporción de materiales y la tecnología de recubrimiento.

2. Características técnicas

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 Características estructurales

El diseño estructural de las herramientas de torneado de carburo busca lograr un conformado eficiente, un corte estable y una excelente calidad superficial. Generalmente, adoptan un vástago cuadrado, un vástago redondo o una estructura de sujeción mecánica, y la hoja presenta un diseño personalizado, combinado con un cuerpo de herramienta rígido para adaptarse al torneado con alta carga. La longitud total de la herramienta varía de 100 mm a 400 mm, siendo adecuada para tornos CNC pequeños (100-200 mm) o pesados (300-400 mm). El tipo extra largo (500 mm) se utiliza para ranuras profundas o procesamiento de contornos especiales. Los tipos de vástago incluyen vástagos cuadrados (sección de 10x10 mm a 25x25 mm, tolerancia h6) o vástagos redondos (diámetro de 10-32 mm, tolerancia h6), y la longitud del vástago (80-300 mm) se personaliza según los requisitos de sujeción y profundidad de procesamiento de la máquina herramienta. Las herramientas de sujeción mecánica admiten una alta transmisión de par (rango de par de 20-200 Nm). La longitud de corte efectiva es de 20 mm a 150 mm. El torneado superficial (20-50 mm) es adecuado para el acabado de superficies, y el torneado profundo (100-150 mm) es adecuado para el procesamiento de ranuras o escalones. La geometría de la cuchilla se personaliza según el contorno de la pieza de trabajo, como el tipo de rosca (paso de 0,5 a 10 mm), el tipo de ranura (ancho de 1 a 20 mm) o el tipo de superficie curva (radio de curvatura de 5 a 50 mm). El ángulo de la cuchilla suele ser de 5° a 15° para el ángulo frontal y de 5° a 10° para el ángulo posterior (personalizable). La longitud de la sección guía representa el 10%-15% de la longitud total para garantizar la precisión del contorno. La cuchilla perfilada se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar un borde liso ($Ra \leq 0,02$ micras) y un error geométrico de $< 0,005$ mm. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, probado a una velocidad de 10 000 RPM) para reducir la vibración durante el torneado a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,5-1,5 mm, presión de 5-15 bar) o ranuras externas para virutas (ancho de 1-2 mm) para mejorar la evacuación de virutas (eficiencia aumentada en un 20-30 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte < 600 °C), ideal para el procesamiento de materiales con cargas elevadas o pegajosos. La herramienta sujeta a máquina adopta un diseño de cuchilla reemplazable, y la cuchilla y la barra de herramientas están conectadas mediante roscas de alta precisión o bayoneta (tolerancia 6H/6g), lo que facilita la sustitución y el reafileado rápidos de la cuchilla.

2.2 Materiales

El material es principalmente un material compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y la estructura de partículas finas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados comunes incluyen YG8 (contenido de cobalto 8%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, adecuado para torneado en bruto y fundición, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 100-140 horas), YT14 (que contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 850°C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 110-150 horas), K20 (contenido de cobalto 6%-8%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 1900-2100 MPa, especialmente para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadhesión, la vida útil puede alcanzar las 120-160 horas). La selección del

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-900 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia al calor y a la oxidación.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según el grado (6%-12%), se añade carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla a 0,5-2 micras. Se utiliza un molino de bolas planetario (velocidad 50-100 RPM, tiempo 24-48 horas) para la mezcla húmeda y se añade etanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $< 1\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y la composición química se analiza mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,05\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 150-200 MPa para conformar la hoja en bruto, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ . Se utiliza prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad. El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55) con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte láser y electroerosión para garantizar la precisión de conformado de la hoja. La densidad de la hoja en bruto se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,1$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($< 0,5\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en atmósfera de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 1-2 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar < 50 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2200).

3.4 Posprocesamiento

El torneado exterior se realiza con herramientas CBN, con una precisión de concentricidad $< 0,01$ mm y una rugosidad superficial $Ra \leq 0,2$ micras. La cuchilla se mecaniza con una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm), con un error de perfil de filo $< 0,005$ mm y una superficie $Ra \leq 0,02$ micras. Se realiza un pulido espejo con abrasivos de diamante de grano W0,5-W1,0, un filo $Ra \leq 0,01$ micras y pulido electrolítico (densidad de corriente 0,1 A/cm²) para

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

eliminar rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada (0,1-0,2 mm, ángulo 5°-10°) para mejorar la resistencia al colapso del filo, y el perfil se calibra con un interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Mediante proceso PVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura 400-500 °C, velocidad de deposición 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen TiAlN (espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micras, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micras, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción <0,1), lo que reduce el coeficiente de fricción (<0,3) y aumenta la vida útil entre un 30 % y un 50 %. El SEM verifica la uniformidad del recubrimiento, y el nanoindentador prueba la dureza y la adhesión (>70 N), con una desviación de espesor de <0,5 micras.

3.6 Prueba de embalaje

La CMM detecta la precisión del perfil de la cuchilla y el error geométrico (<0,01 mm), y la equilibradora dinámica corrige el desequilibrio (<5 g·mm /kg). Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. El grabado láser del tipo de herramienta, longitud, marca y número de lote garantiza la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 1800-2200, después del recubrimiento 3400 HV.

Resistencia al calor: 600°C-1000°C.

Velocidad de corte (V_c): 50-200 m/min para acero, 30-120 m/min para aleación de titanio, 100-300 m/min para aleación de aluminio.

Velocidad de avance (fz): 0,05-0,20 mm/rev.

Profundidad de corte (ap): 0,1-5 mm.

Tolerancia: Precisión del contorno <0,01 mm, rugosidad de la superficie <0,005 mm.

Rugosidad superficial: Ra 0,2-0,8 micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Fabricación de moldes

Torneado de perfiles de punzón, matriz y pasador guía, diámetro común: 10-50 mm, profundidad: 20-100 mm. Una fábrica de moldes utiliza una herramienta de torneado para tornear los cabezales de las matrices de estampación. La velocidad de corte es de 120 m/min, el avance es de 0,10 mm/rev, el error de contorno después del procesamiento es <0,008 mm, Ra : 0,3 micras , la vida útil de la herramienta es de 120 horas y la producción anual es de 800 juegos de moldes. La eficiencia se incrementa en un 40 %. Se requiere alta precisión y un conformado de contornos complejos , con el apoyo de un sistema de refrigeración interno (10 bar).

5.2 Industria del automóvil

Torneado de levas de cigüeñal, ranuras para segmentos de pistón y perfiles de engranajes. Los diámetros habituales son de 20 a 80 mm y las profundidades de 30 a 150 mm. Una empresa de autopartes utiliza herramientas de torneado de perfiles para tornear levas de cigüeñal. Estas

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

herramientas ofrecen una velocidad de corte de 100 m/min, un avance de 0,08 mm/rev, un error de perfil <0,01 mm tras el mecanizado, una Ra de 0,4 micras, una vida útil de la herramienta de 140 horas, una producción anual de 500.000 cigüeñales y una reducción del 30 % en el tiempo de proceso. En la producción en masa de piezas complejas, la eficiencia de las herramientas de torneado de perfiles se ha convertido en una ventaja.

5.3 Aeroespacial

Torneado de la base de álabes de turbina y del contorno de conectores de fuselaje. Los diámetros habituales son de 15 a 60 mm y las profundidades de 50 a 200 mm. Una aerolínea utiliza una herramienta de torneado de conformado para torner la base de álabes de aleación de titanio. Esta herramienta tiene una velocidad de corte de 60 m/min, una velocidad de avance de 0,05 mm/rev, un error de contorno <0,005 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,2 micras y una vida útil de 150 horas, de acuerdo con la norma AS9100. Se requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de refrigeración interna debe alcanzar los 15 bar.

5.4 Fabricación de equipos energéticos

Torneado de ranuras para ejes de turbinas y cuerpos de válvulas con contornos complejos, diámetro común: 30-100 mm, profundidad: 100-300 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza una herramienta de torneado de perfiles para torner ranuras para ejes de turbinas. La velocidad de corte es de 80 m/min, el avance es de 0,10 mm/rev, el error de contorno después del mecanizado es <0,01 mm, Ra de 0,5 micras, la vida útil de la herramienta es de 160 horas, la producción anual es de 2000 ejes de turbinas y la eficiencia aumenta un 35 %. Se requiere alta rigidez y capacidad de mecanizado de ranuras profundas, y el sistema de refrigeración interno requiere un soporte de alta presión (15 bar).

5.5 Instrumentos de precisión

Torneado del contorno de cuerpos de lentes ópticas y asientos de cojinetes de precisión. Los diámetros habituales son de 5 a 30 mm y las profundidades de 20 a 80 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza una herramienta de torneado de perfiles para torner el contorno del cuerpo de la lente. Esta herramienta presenta una velocidad de corte de 70 m/min, un avance de 0,03 mm/rev, un error de contorno <0,003 mm tras el mecanizado, un Ra de 0,2 micras, una vida útil de la herramienta de 110 horas y una producción anual de 400.000 cuerpos de lentes, de acuerdo con la norma ISO 2768. En el mecanizado de contornos microcomplejos, la alta precisión de la herramienta de torneado de perfiles es fundamental.

5.6 Fabricación de productos electrónicos

Perfil de carcasa de conector y disipador térmico torneado, diámetro común: 10-40 mm, profundidad: 10-50 mm. Una empresa de electrónica utiliza una herramienta de torneado de perfiles para torner disipadores térmicos de aleación de aluminio. Velocidad de corte: 150 m/min, avance: 0,15 mm/rev, error de contorno después del mecanizado: <0,008 mm, Ra: 0,3 micras, vida útil: 130 horas, producción anual: 1 millón de disipadores térmicos, eficiencia: 45 % superior. Se requiere alta eficiencia y calidad superficial, así como un sistema de refrigeración interno (10 bar).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita herramientas de torneado de carburo cementado para conformado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué es una fresa de perfil de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

La fresa de conformación de carburo es una herramienta de corte de alto rendimiento diseñada para el fresado de contornos tridimensionales complejos y el mecanizado de precisión. Se utiliza ampliamente en el procesamiento mecánico, la fabricación de moldes, la industria aeroespacial, la industria automotriz, la producción de equipos energéticos y la fabricación de instrumentos de precisión. Su característica principal es que la cuchilla de conformación, hecha de carburo cementado, puede fresar formas específicas (como dientes, ranuras, superficies curvas, chaflanes, etc.) de una sola vez, sin necesidad de realizar múltiples ajustes en la pieza o la herramienta. La fresa de conformación de carburo utiliza carburo cementado como base, presenta una alta dureza (HV 1800-2200), excelente resistencia al desgaste y a las altas temperaturas, y es adecuada para fresar materiales de alta resistencia como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), aleaciones a base de níquel, fundición y aleaciones de aluminio. La cuchilla de conformación se moldea en una forma geométrica personalizada mediante rectificado de precisión. Es ampliamente compatible con fresadoras CNC (CNC), centros de mecanizado o equipos de fresado especiales. Puede completar eficientemente el fresado de planos, lados, contornos y superficies complejas. La precisión de mecanizado puede alcanzar el nivel IT6-IT8 y la rugosidad superficial puede alcanzar Ra 0,2-0,8 micras. En comparación con las fresas convencionales, las fresas de conformado de carburo tienen mayor eficiencia (eficiencia de producción aumentada en un 40%-60%) y consistencia (error de contorno <0,01 mm) en la producción en masa de piezas complejas, y son particularmente adecuadas para escenarios que requieren procesamiento de alta precisión y repetibilidad. Tiene una alta flexibilidad de diseño y puede personalizar la forma de la cuchilla, el número de dientes y el ángulo de hélice según el contorno de la pieza de trabajo. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con software CAD/CAM para optimizar la trayectoria de corte a través de modelos digitales.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Ante la creciente demanda de componentes aeroespaciales complejos, piezas ligeras de automoción y moldes de precisión, las fresas de conformado de carburo ocupan un lugar destacado en la fabricación moderna gracias a su eficiente capacidad de conformado y durabilidad. En 2025, con la creciente aplicación de materiales de alto rendimiento (como los compuestos de fibra de carbono) y formas geométricas complejas, se impondrán mayores requisitos en cuanto a la precisión de la cuchilla, la resistencia térmica y la vida útil de las fresas de conformado, lo que impulsará la innovación continua en el diseño de herramientas, la proporción de materiales y la tecnología de recubrimiento.

2. Características técnicas

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 Características estructurales

El diseño estructural de las fresas de perfil de carburo busca lograr un fresado eficiente, un corte estable y una excelente calidad superficial. Generalmente adoptan un mango recto, un mango cónico o una estructura de sujeción de máquina, y la hoja tiene un diseño de hoja de perfil personalizado, combinado con un diseño de múltiples dientes para adaptarse al fresado de alta carga. El diámetro total de la herramienta varía de 6 mm a 50 mm. Las fresas de microperfil ($D < 10$ mm) se utilizan para fresado fino, las de tamaño mediano ($D = 10-25$ mm) son adecuadas para procesamiento general y las grandes ($D > 25$ mm) se utilizan para fresado pesado o de área grande. El grado de tolerancia es h6 ($0/-0,006$ mm). Los tipos de mango incluyen mango recto (DIN 6535 HA/HB) o mango cónico (BT40, CAT50). El diámetro del mango coincide con el diámetro de corte, el grado de tolerancia es h6 y la longitud del mango (50-250 mm) se personaliza según los requisitos de sujeción de la máquina herramienta y la profundidad de procesamiento. El vástago cónico admite una alta transmisión de par (rango de par 30-300 Nm). La longitud total es de 100 mm a 400 mm, adecuada para pequeños CNC (100-200 mm) o centros de mecanizado pesados (300-400 mm). La longitud de corte efectiva es de 15 mm a 150 mm. El fresado superficial (15-50 mm) es adecuado para el acabado de superficies, y el fresado profundo (100-150 mm) es adecuado para el procesamiento de ranuras o contornos complejos. El número de dientes es de 2 a 8 filos de corte, según el diámetro y los requisitos de procesamiento. Los diámetros pequeños ($D < 15$ mm) son de 2 a 4 dientes, y los diámetros medianos y grandes ($D > 15$ mm) son de 4 a 8 dientes. Aumentar el número de dientes puede mejorar la eficiencia de corte, pero requiere un soporte de máquina herramienta de alta rigidez. El error de espaciado de los dientes es $< 0,01$ mm. El ángulo de hélice es de 10° - 45° , y el valor estándar es de 15° - 30° . El diseño en espiral optimiza la eliminación de viruta y la reducción de la vibración. 25° - 30° se utiliza comúnmente para el acabado para mejorar la calidad de la superficie, y 30° - 45° se puede seleccionar para el desbaste para mejorar la eliminación de viruta. La geometría de la cuchilla de conformado se personaliza según el contorno de la pieza de trabajo, como la forma del diente (módulo 0,5-5 mm), el tipo de ranura (ancho 1-20 mm) o el tipo de superficie curva (radio de curvatura 5-50 mm). El ángulo de la cuchilla suele ser de 5° - 15° para el ángulo frontal y de 5° - 10° para el ángulo posterior (personalizable). La longitud de la sección de guía representa el 10%-15% de la longitud total para garantizar la precisión del contorno. La cuchilla se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar un filo liso ($Ra \leq 0,02$ micras) y un error geométrico de $< 0,005$ mm. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, velocidad de prueba 15 000 RPM) para reducir la vibración en el fresado a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,5-2 mm, presión de 5-20 bar) o ranuras externas para viruta (ancho de 1-2,5 mm) para mejorar la evacuación de la viruta (eficiencia aumentada entre un 30 % y un 40 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 600^{\circ}\text{C}$), ideal para ranuras profundas o materiales pegajosos. La herramienta sujeta a máquina adopta un diseño de hoja reemplazable, y la hoja y la barra de herramientas están conectadas mediante roscas de alta precisión o bayoneta (tolerancia 6H/6g), lo que permite un reemplazo rápido y un reafileado de la hoja.

2.2 Materiales

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

El material es principalmente un material compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co), y la estructura de partículas finas garantiza resistencia al desgaste y al impacto. Los grados comunes incluyen YG10 (contenido de cobalto 10%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión 2100-2300 MPa, adecuado para fresado en bruto y fundición, excelente resistencia al desgaste, la vida útil de corte puede alcanzar las 100-140 horas), YT15 (que contiene carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia al calor 850°C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, la vida útil puede alcanzar las 110-150 horas), K30 (contenido de cobalto 8%-10%, dureza HV 1700-1900, resistencia a la flexión 2000-2200 MPa, especialmente para aleaciones de aluminio y metales no ferrosos, fuerte antiadhesión, la vida útil puede alcanzar las 120-160 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-900 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o tierras raras (como Ce, 0,1-0,3 %) para optimizar la resistencia al calor y a la oxidación.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el contenido de cobalto se ajusta según el grado (6%-12%), se añade carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento y el tamaño de partícula se controla a 0,5-2 micras. Se utiliza un molino de bolas planetario (velocidad 50-100 RPM, tiempo 24-48 horas) para la mezcla húmeda y se añade etanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $< 1\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y la composición química se analiza mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,05\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 150-200 MPa para conformar la hoja en bruto, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ . Se utiliza prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad. El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55) con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se utilizan corte láser y electroerosión para garantizar la precisión de conformado de la hoja. La densidad de la hoja en bruto se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,1$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($< 0,5\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en atmósfera de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 1-2 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar < 50 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2200).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.4 Posprocesamiento

El torneado exterior se realiza con herramientas CBN, con una precisión de concentricidad $<0,01$ mm y una rugosidad superficial $Ra \leq 0,2$ micras. La cuchilla se mecaniza con una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm), con un error de perfil de filo $<0,005$ mm y una superficie $Ra \leq 0,02$ micras. Se realiza un pulido espejo con abrasivos de diamante de grano W0,5-W1,0, un filo $Ra \leq 0,01$ micras y pulido electrolítico (densidad de corriente $0,1 \text{ A/cm}^2$) para eliminar rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada ($0,1-0,2$ mm, ángulo $5^\circ-10^\circ$) para mejorar la resistencia al colapso del filo, y el perfil se calibra con un interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Mediante proceso PVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura $400-500^\circ\text{C}$, velocidad de deposición $0,1-0,2 \mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen TiAlN (espesor 3-8 micras, dureza 2800-3200 HV), AlCrN (espesor 3-7 micras, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 1-3 micras, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción $<0,1$), lo que reduce el coeficiente de fricción ($<0,3$) y aumenta la vida útil entre un 30 % y un 50 %. El SEM verifica la uniformidad del recubrimiento, y el nanoindentador prueba la dureza y la adhesión ($>70 \text{ N}$), con una desviación de espesor de $<0,5$ micras.

3.6 Pruebas finales y embalaje

La máquina de medición de coordenadas tridimensional (MMC) detecta la precisión del perfil de la cuchilla y el error geométrico ($<0,01$ mm), y la máquina de ensayo de equilibrado dinámico corrige el desequilibrio ($<5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$). Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. Grabado láser del tipo de herramienta, diámetro, número de dientes, marca y número de lote para garantizar la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 1800-2200, 3000-3500 HV después del recubrimiento.

Resistencia térmica: $600^\circ\text{C}-1100^\circ\text{C}$. Velocidad de corte (V_c): 60-300 m/min para acero, 40-180 m/min para aleaciones de titanio, 200-400 m/min para aleaciones de aluminio.

Avance (fz): 0,05-0,30 mm/diente. Profundidad de corte (ap): 0,1-12 mm. Tolerancia: precisión del perfil $\pm 0,01$ mm, rugosidad superficial $\pm 0,005$ mm. Rugosidad superficial: Ra 0,2-1,0 micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Fabricación de moldes

Fresado de cavidades de molde, ranuras de dientes y superficies curvas complejas. Los diámetros habituales son de 10 a 40 mm y las profundidades de 20 a 100 mm. Una fábrica de moldes utiliza una fresa de conformado de 20 mm de diámetro para fresar las cavidades de los modelos de estampado. Esta fresadora presenta una velocidad de corte de 150 m/min, un avance de 0,15 mm/diente, un error de contorno $<0,008$ mm tras el procesamiento, un Ra de 0,3 micras, una vida útil de la herramienta de 130 horas, una producción anual de 600 juegos de moldes y un aumento de la eficiencia del 50 %. Se requiere un conformado de contornos complejos y de alta precisión, y se admite un sistema de refrigeración interna (15 bar).

5.2 Industria del automóvil

Fresado de ranuras de culatas de motor, perfiles de engranajes y superficies de piezas ligeras. Los

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

diámetros habituales son de 15 a 50 mm y las profundidades de 30 a 150 mm. Una empresa de piezas de automoción utiliza una fresa de perfil de 25 mm de diámetro para fresar ranuras de culatas. Esta fresa presenta una velocidad de corte de 120 m/min, un avance de 0,10 mm/diente, un error de perfil $<0,01$ mm tras el mecanizado, un Ra de 0,4 micras, una vida útil de la herramienta de 150 horas, una producción anual de 400.000 culatas y una reducción del 35 % en el tiempo de proceso. En la producción en masa de piezas complejas, la alta eficiencia de las fresas de perfil se ha convertido en una ventaja.

5.3 Aeroespacial

Fresado de álabes de turbina, conexiones de fuselaje y perfiles de materiales compuestos. Los diámetros habituales son de 10 a 30 mm y las profundidades de 50 a 200 mm. Una aerolínea utiliza una fresa de perfil de 15 mm de diámetro para fresar álabes de aleación de titanio. Esta fresa tiene una velocidad de corte de 80 m/min, un avance de 0,08 mm/diente, un error de contorno $<0,005$ mm tras el mecanizado, un Ra de 0,2 micras y una vida útil de 160 horas, de acuerdo con la norma AS9100. Se requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de refrigeración interna debe alcanzar los 20 bar.

5.4 Fabricación de equipos energéticos

Fresado de ranuras para álabes de turbina y superficies curvas complejas en cuerpos de válvulas, diámetro común: 20-60 mm, profundidad: 100-300 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza una fresa de perfil de 30 mm de diámetro para fresar ranuras para álabes de turbina. Velocidad de corte: 100 m/min, avance: 0,12 mm/diente, error de contorno después del mecanizado: $<0,01$ mm, Ra: 0,5 micras, vida útil: 170 horas, producción anual: 1500 álabes, mejora de la eficiencia: 40 %. Se requiere alta rigidez y capacidad de mecanizado de ranuras profundas, y el sistema de refrigeración interno requiere soporte de alta presión (20 bar).

5.5 Instrumentos de precisión

Fresado de moldes de lentes ópticas y contornos de microengranajes. Los diámetros habituales son de 5 a 20 mm y las profundidades de 10 a 50 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza una fresa de conformación de 10 mm de diámetro para fresar moldes de lentes. Esta fresa ofrece una velocidad de corte de 90 m/min, un avance de 0,05 mm/diente, un error de contorno $<0,003$ mm tras el procesamiento, un Ra de 0,2 micras, una vida útil de la herramienta de 120 horas y una producción anual de 300.000 moldes, de acuerdo con la norma ISO 2768. En el procesamiento de contornos microcomplejos, la alta precisión de la fresa de conformación es fundamental.

5.6 Fabricación de productos electrónicos

Fresado de conectores de circuito impreso y disipadores de calor con contornos complejos. Los diámetros habituales son de 10 a 30 mm y las profundidades de 10 a 40 mm. Una empresa de electrónica utiliza una fresa de conformado de 15 mm de diámetro para fresar disipadores de calor de aleación de aluminio. Esta fresa presenta una velocidad de corte de 200 m/min, un avance de 0,20 mm/diente, un error de contorno $<0,008$ mm tras el procesamiento, una Ra de 0,3 micras, una vida útil de la herramienta de 140 horas, una producción anual de 800.000 disipadores de calor y un aumento de la eficiencia del 50 %. Se requiere alta eficiencia y calidad superficial, así como un sistema de refrigeración interno (15 bar).

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita fresas de conformación de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son las herramientas de corte de carburo nano?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

Las herramientas de corte de nanocarburo son herramientas de corte de alto rendimiento fabricadas con materiales de carburo de grano nanométrico. Se utilizan ampliamente en el procesamiento mecánico, la industria aeroespacial, la industria automotriz, la fabricación de equipos de energía y los instrumentos de precisión. Su característica principal es el uso de una estructura de nanograno (tamaño de grano inferior a 100 nanómetros) para mejorar significativamente la dureza, la resistencia al desgaste y la resistencia al impacto. Permiten cortar eficientemente materiales de alta resistencia y difícil procesamiento, como acero endurecido (HRC 50-65), aleaciones de alta temperatura (Inconel 718), aleaciones de titanio (HRC 35-40), materiales compuestos y materiales superduros. Las herramientas de corte de nanocarburo se basan en carburo de tungsteno (WC) y añaden fases aglutinantes a escala nanométrica (como cobalto-Co o níquel-Ni). Tienen una dureza ultraalta (HV 2000-2500) y una excelente resistencia a altas temperaturas (resistencia al calor de más de 1000 °C), y son adecuadas para una variedad de procesos de procesamiento como torneado, fresado y taladrado. En comparación con las herramientas de corte de carburo de grado micrométrico tradicionales, las herramientas de corte de nano-carburo sobresalen en velocidad de corte (aumento del 20%-40%), vida útil de la herramienta (extensión del 50%-100%) y calidad de superficie (Ra 0,05-0,3 micras), y son particularmente adecuadas para escenarios de procesamiento de alta precisión y alta velocidad. Su flexibilidad de diseño es alta, y la geometría de la hoja, el recubrimiento y el tipo de vástago se pueden personalizar según los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con un sistema de monitoreo en tiempo real para optimizar los parámetros de corte.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con el rápido desarrollo de la Industria 4.0 y la fabricación de alta gama, la demanda de corte eficiente de materiales difíciles de procesar ha aumentado, y las herramientas de corte de nanocarburo se han convertido en un tema de actualidad en la industria gracias a sus excelentes propiedades mecánicas y capacidad de procesamiento. En 2025, con la creciente demanda de herramientas de ultraalta precisión y larga vida útil en los sectores aeroespacial, de equipos médicos y de nuevas energías, se profundizará la aplicación de la nanotecnología en el campo del carburo cementado, impulsando innovaciones en las proporciones de materiales, los procesos de sinterización y los tratamientos de superficies.

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

El diseño estructural de las herramientas de corte de nanocarburo busca lograr un corte de alta eficiencia, excelente durabilidad y estabilidad. Generalmente adoptan un mango recto, un mango cónico o una estructura de sujeción de máquina, con diseño de filo de corte de un solo filo o de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

múltiples filos, combinado con un cuerpo de herramienta de alta rigidez para adaptarse al mecanizado de alta velocidad. El diámetro total de la herramienta varía de 3 mm a 60 mm. Las herramientas micro ($D < 10$ mm) se utilizan para el micromecanizado, las de tamaño mediano ($D = 10-30$ mm) son adecuadas para el corte general y las grandes ($D > 30$ mm) se utilizan para el mecanizado de alta resistencia. El grado de tolerancia es h6 ($0/-0,006$ mm). Los tipos de mango incluyen mango recto (DIN 6535 HA/HB) o mango cónico (BT40, CAT50). El diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, el grado de tolerancia es h6 y la longitud del vástago (50-300 mm) se personaliza según los requisitos de sujeción de la máquina herramienta y la profundidad de procesamiento. El vástago cónico admite una alta transmisión de par (rango de par 20-250 Nm). La longitud total es de 100 mm a 500 mm, adecuada para CNC pequeños (100-200 mm) o centros de mecanizado pesados (400-500 mm). La longitud de corte efectiva es de 15 mm a 200 mm, el corte superficial (15-50 mm) es adecuado para el acabado y el corte profundo (150-200 mm) es adecuado para agujeros o ranuras profundas. El número de filos de corte es de 2 a 10, dependiendo del diámetro y el tipo de procesamiento, 2-4 para diámetros pequeños ($D < 15$ mm), 4-10 para diámetros medianos y grandes ($D > 15$ mm), y el error del espaciado del filo de corte es $< 0,01$ mm. El ángulo de hélice es de 10° - 40° (personalizable); el valor estándar es de 15° - 30° , lo que optimiza la evacuación de viruta y reduce la vibración, y de 25° - 30° se utiliza comúnmente para el acabado. La cuchilla se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar un filo liso ($R_a \leq 0,02$ micras) y un error geométrico de $< 0,005$ mm. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm /kg, probado a 18 000 RPM) para reducir las vibraciones durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,3-2 mm, presión de 5-25 bar) o ranuras externas para virutas (ancho de 0,5-2,5 mm) para mejorar la eficiencia de arranque de viruta (40-50 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 650^{\circ}\text{C}$), lo que los hace adecuados para materiales difíciles de procesar. La herramienta, sujeta a máquina, adopta un diseño de cuchilla reemplazable, y la cuchilla y el vástago de la herramienta están conectados mediante roscas de alta precisión (tolerancia 6H/6g), lo que facilita la sustitución y el reafilado rápidos de la cuchilla.

2.2 Materiales

El material es principalmente un material compuesto de carburo de tungsteno (WC) a escala nanométrica y una fase de unión a escala nanométrica (como Co 6%-12%, Ni 0,5%-2%), con un tamaño de grano controlado entre 20 y 80 nanómetros para garantizar una dureza y tenacidad ultra altas. Los grados comunes incluyen Nano-WC-Co10 (contenido de cobalto 10%, dureza HV 2200-2400, resistencia a la flexión 2300-2600 MPa, adecuado para acero de alta dureza y aleaciones de alta temperatura, la vida útil puede alcanzar las 150-200 horas), Nano-WC-TiC-Co8 (que contiene carburo de titanio, dureza HV 2300-2500, resistencia al calor 1050°C , adecuado para aleaciones de titanio y materiales compuestos, la vida útil puede alcanzar las 160-220 horas), Nano-WC-Ni6 (fase de unión a base de níquel, dureza HV 2100-2300, fuerte resistencia a la corrosión, especialmente diseñado para metales no ferrosos, la vida útil puede alcanzar las 140-180 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 50-65, aleación de titanio HRC 35-40), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m·K, aleación de titanio 15-20 W/ m·K) y la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

temperatura de corte (600-1000 °C). Algunos modelos incorporan carburo de tántalo de grado nanométrico (TaC , 0,5-1 %) o carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia al desgaste y al agrietamiento térmico.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de nano-carburo de tungsteno (WC) de pureza ultra alta se mezcla con polvo de nano-cobalto (Co) o níquel (Ni) en proporción (precisión $\pm 0,05\%$), el tamaño de partícula se controla a 20-80 nanómetros, y se agrega nano-carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento. Se utiliza un molino de bolas de alta energía (velocidad 200-300 RPM, tiempo 36-72 horas) para la mezcla húmeda, y se agrega isopropanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $< 0,5\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y la estructura de la fase cristalina se analiza mediante difracción de rayos X (XRD), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,02\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 200-300 MPa para formar la pieza bruta de la cuchilla, con una densidad de 15,0-15,5 g/cm³ . Para mejorar la uniformidad, se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 200-250 MPa, duración de 15-20 minutos). El molde está fabricado en acero superduro (dureza HRC 58-62), con una precisión de $\pm 0,01$ mm. El corte por láser y el mecanizado por electrochispa garantizan la precisión del conformado de la cuchilla. La densidad de la pieza bruta se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,05$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($< 0,3\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-3} Pa) o en atmósfera de argón, la temperatura se mantiene entre 1450 °C y 1650 °C durante 12-16 horas, incrementándose gradualmente (60 °C por hora, 300 °C-700 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 150-200 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 20-80 nanómetros y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar < 40 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide mediante nanoindentación (HV 2000-2500).

3.4 Posprocesamiento

El torneado exterior se realiza con herramientas CBN con una precisión de descentrado $< 0,01$ mm y una rugosidad superficial $Ra \leq 0,1$ micras. La cuchilla se mecaniza en una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,001$ mm), con un error de perfil de filo $< 0,003$ mm y una superficie $Ra \leq 0,01$ micras. Se realiza un pulido espejo con abrasivos de diamante de tamaño de grano W0,1-W0,5, filo $Ra \leq 0,005$ micras , pulido electrolítico (densidad de corriente 0,05-0,1 A/cm²) para eliminar rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada (0,05-0,15 mm, ángulo 5°-10°) para mejorar la capacidad de resistencia al colapso del filo, y la geometría de la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

cuchilla está calibrada mediante interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Proceso PVD o CVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura 450-550 °C, velocidad de deposición 0,1-0,3 $\mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen nano- TiAlN (espesor 2-6 micras, dureza 3000-3500 HV), nano- AlCrN (espesor 2-5 micras, dureza 3200-3600 HV) o nano-DLC (espesor 1-2 micras, dureza 3200-3700 HV, coeficiente de fricción $<0,1$), reduciendo el coeficiente de fricción ($<0,2$) y aumentando la vida útil en un 50%-70%. Se utiliza un microscopio electrónico de barrido (MEB) de alta resolución para verificar la uniformidad del recubrimiento, y un instrumento de nanoindentación se utiliza para probar la dureza y la adhesión (>80 N), con una desviación de espesor de $<0,2$ micras.

3.6 Pruebas y embalaje

La máquina de medición de coordenadas tridimensional (MMC) detecta la precisión del perfil de la cuchilla y el error geométrico ($<0,005$ mm), y la máquina de ensayo de equilibrado dinámico corrige el desequilibrio (<3 g·mm /kg). Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. Grabado láser del tipo de herramienta, diámetro, número de dientes, marca y número de lote para garantizar la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 2000-2500, recubierto 3000-3700 HV.

Resistencia térmica: 800 °C-1100 °C. Velocidad de corte (V_c): acero 80-350 m/min, aleación de titanio 50-200 m/min, aleación de aluminio 250-450 m/min.

Avance (fz): 0,03-0,35 mm/diente. Profundidad de corte (ap): 0,1-15 mm. Tolerancia: precisión del perfil $\pm 0,005$ mm, rugosidad superficial $\pm 0,003$ mm. Rugosidad superficial: Ra 0,05-0,3 micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Aeroespacial

Procesamiento de álabes de turbina, fuselajes y piezas de aleación de titanio. Los diámetros habituales son de 10 a 30 mm y las profundidades de 50 a 200 mm. Una aerolínea utiliza una herramienta de corte de nanocarburo de 15 mm de diámetro para procesar álabes de Inconel 718, con una velocidad de corte de 120 m/min y una velocidad de avance de 0,08 mm/diente. El error de contorno después del procesamiento es $<0,003$ mm, Ra 0,1 micras, y la vida útil de la herramienta es de 180 horas, lo que cumple con la norma AS9100. Debe ser resistente a altas temperaturas y de alta precisión, con una presión de refrigeración interna de 25 bar.

5.2 Industria del automóvil

Procesamiento de cigüeñales, engranajes y piezas ligeras de aleación de aluminio. Los diámetros habituales son de 20 a 50 mm y las profundidades de 30 a 150 mm. Una empresa de piezas de automoción utiliza una herramienta de corte de nanocarburo de 25 mm de diámetro para procesar cigüeñales de acero de alta resistencia. Esta herramienta ofrece una velocidad de corte de 200 m/min,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

un avance de 0,15 mm/diente, un error de contorno $<0,005$ mm tras el procesamiento, un Ra de 0,2 micras, una vida útil de la herramienta de 170 horas, una producción anual de 500.000 piezas y una mejora de la eficiencia del 45 %. En el procesamiento de materiales de alta dureza, la ventaja en la vida útil de la herramienta es significativa.

5.3 Fabricación de equipos energéticos

Procesamiento de ranuras para ejes de turbinas y cuerpos de válvulas de alta presión. Los diámetros habituales son de 30 a 70 mm y las profundidades de 100 a 300 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza una herramienta de corte de nanocarburo de 40 mm de diámetro para procesar ejes de turbinas de aleación de alta temperatura. Esta herramienta presenta una velocidad de corte de 150 m/min, un avance de 0,12 mm/diente, un error de contorno $<0,005$ mm tras el procesamiento, un Ra de 0,15 micras, una vida útil de la herramienta de 200 horas, una producción anual de 1200 piezas y una mejora de la eficiencia del 40 %. Se requiere alta resistencia al desgaste y capacidad de procesamiento de ranuras profundas, y el sistema de refrigeración interno requiere 20 bar .

5.4 Dispositivos médicos

Procesamiento de implantes y microdispositivos ortopédicos. Diámetro común: 5-15 mm, profundidad: 10-50 mm. Una empresa médica utiliza herramientas de corte de nanocarburo de 8 mm de diámetro para procesar articulaciones de cadera de aleación de titanio. Velocidad de corte: 80 m/min, avance: 0,05 mm/diente, error de contorno después del procesamiento: $<0,002$ mm, Ra: 0,05 micras, vida útil de la herramienta: 150 horas, conforme a las normas de la FDA. Se requiere una precisión y biocompatibilidad extremadamente altas, y el recubrimiento DLC se utiliza comúnmente.

5.5 Instrumentos de precisión

Procesamiento de moldes de lentes ópticas y microengranajes. Los diámetros habituales son de 5 a 20 mm y las profundidades de 10 a 40 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza una herramienta de corte de nanocarburo de 10 mm de diámetro para procesar moldes de lentes. Esta herramienta ofrece una velocidad de corte de 120 m/min, una velocidad de avance de 0,06 mm/diente, un error de contorno $<0,002$ mm tras el procesamiento, un Ra de 0,1 micras, una vida útil de la herramienta de 160 horas y una producción anual de 250 000 piezas, de acuerdo con la norma ISO 2768. En el microprocesamiento de alta precisión, la estabilidad de la herramienta es fundamental.

5.6 Fabricación de productos electrónicos

Procesamiento de conectores de circuitos impresos y disipadores de calor. Los diámetros y profundidades habituales son de 10-30 mm. Una empresa de electrónica utiliza una herramienta de corte de nanocarburo de 15 mm de diámetro para procesar disipadores de calor de aleación de aluminio. Esta herramienta ofrece una velocidad de corte de 300 m/min, un avance de 0,20 mm/diente, un error de contorno $<0,005$ mm tras el procesamiento, un Ra de 0,15 micras, una vida útil de la herramienta de 180 horas, una producción anual de 600.000 piezas y un aumento de la eficiencia del 50 %. Se requiere alta eficiencia y calidad superficial, así como un sistema de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

refrigeración interno (15 bar).

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita herramientas de corte de carburo cementado nanométrico, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son las herramientas compuestas de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

Las herramientas de corte de carburo cementado compuesto son herramientas de corte de alto rendimiento fabricadas mediante la combinación de carburo cementado con una variedad de materiales de refuerzo (como cerámica, nitruro de boro cúbico (CBN), diamante o fases compuestas de carburo). Se utilizan ampliamente en el procesamiento mecánico, la industria aeroespacial, la industria automotriz, la fabricación de equipos de energía y los instrumentos de precisión. Su característica principal es que, a través del diseño de material compuesto, combina la alta dureza del carburo cementado (HV 1800-2400) con la ultraalta resistencia al desgaste o la resistencia a altas temperaturas de los materiales de refuerzo. Puede cortar eficientemente materiales extremadamente difíciles de procesar, como acero endurecido (HRC 55-70), aleaciones de alta temperatura (Inconel 718), aleaciones de titanio (HRC 35-45), materiales compuestos y plásticos reforzados con fibra de vidrio. Las herramientas de corte de carburo cementado compuesto se basan en carburo de tungsteno (WC) y se combinan con fases de refuerzo de nivel nano o micrométrico. Presentan una excelente resistencia al impacto (resistencia a la flexión de 2000-2800 MPa) y al calor (superior a 1000 °C), y son adecuadas para diversos procesos de procesamiento, como torneado, fresado, taladrado y rectificado. En comparación con las herramientas de carburo simple, las herramientas compuestas presentan ventajas significativas en cuanto a velocidad de corte (aumento del 30 % al 50 %), vida útil (extensión del 70 % al 120 %) y calidad superficial (Ra 0,05-0,25 micras), y son especialmente adecuadas para escenarios de procesamiento de alta precisión, alta eficiencia y entornos extremos. Su diseño es altamente flexible, y la geometría de la cuchilla, la relación compuesta y el tipo de recubrimiento se pueden personalizar según los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta se puede integrar con el sistema de sensores para optimizar los parámetros de corte en tiempo real.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con la creciente demanda de materiales superduros y el procesamiento de materiales compuestos en la fabricación de alta gama, las herramientas de carburo cementado se han convertido en el foco de atención de la industria gracias a su excelente rendimiento integral. En 2025, con la búsqueda de herramientas de larga duración y alta precisión en los sectores aeroespacial, energético y médico, se expandirá aún más la aplicación de la tecnología de compuestos en la fabricación de herramientas, impulsando el desarrollo innovador de la relación de materiales, la unión de interfaces y el tratamiento de superficies.

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

El diseño estructural de las herramientas compuestas de carburo cementado busca lograr un corte eficiente, excelente durabilidad y estabilidad. Generalmente adoptan un mango recto, un mango

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

cónico o una estructura de sujeción de máquina, con diseño de filo de corte de un solo filo o de múltiples filos, combinado con un cuerpo de herramienta compuesto de alta rigidez para adaptarse a condiciones de procesamiento extremas. El diámetro total de la herramienta varía de 4 mm a 70 mm. Las herramientas micro ($D < 12$ mm) se utilizan para micromecanizado, las de tamaño mediano ($D = 12-35$ mm) son adecuadas para corte general y las grandes ($D > 35$ mm) se utilizan para mecanizado de alta resistencia. El grado de tolerancia es h6 ($0/-0,006$ mm). Los tipos de mango incluyen mango recto (DIN 6535 HA/HB) o mango cónico (BT40, CAT50, HSK-A63). El diámetro del vástago coincide con el diámetro de corte, el grado de tolerancia es h6 y la longitud del vástago (60-350 mm) se personaliza según los requisitos de sujeción de la máquina herramienta y la profundidad de procesamiento. El vástago cónico admite una alta transmisión de par (rango de par 30-350 Nm). La longitud total es de 120 mm a 600 mm, adecuada para CNC de tamaño mediano (120-300 mm) o centros de mecanizado de servicio pesado (400-600 mm). La longitud de corte efectiva es de 20 mm a 250 mm, el corte superficial (20-60 mm) es adecuado para el acabado y el corte profundo (200-250 mm) es adecuado para agujeros o ranuras profundas. El número de filos de corte es de 2 a 12, dependiendo del diámetro y el tipo de procesamiento, 2-5 para diámetros pequeños ($D < 18$ mm), 5-12 para diámetros medianos y grandes ($D > 18$ mm), y el error de espaciado del filo es $< 0,01$ mm. El ángulo de hélice es de 10° - 50° (personalizable), el valor estándar es de 15° - 35° , lo que optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración. 25° - 30° se utiliza comúnmente para el acabado, y 35° - 50° se puede seleccionar para el procesamiento de servicio pesado. La geometría de la cuchilla se personaliza según los requisitos de la pieza de trabajo, como la forma del diente (módulo 0,5-6 mm), el tipo de ranura (ancho 1-25 mm) o el tipo de superficie curva (radio de curvatura 5-60 mm). El ángulo de la cuchilla suele ser de 5° - 15° para el ángulo frontal y de 5° - 10° para el ángulo posterior (personalizable). La longitud de la sección guía representa el 10%-15% de la longitud total para garantizar la precisión del contorno. La cuchilla se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,001$ mm) para garantizar un borde liso ($Ra \leq 0,01$ micras) y un error geométrico de $< 0,003$ mm. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 3 g·mm/kg, probado a 20 000 RPM) para reducir la vibración durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,003$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,5-2,5 mm, presión de 5-30 bar) o ranuras externas para virutas (ancho de 0,5-3 mm), que mejoran la eficiencia de arranque de viruta (40 %-60 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 700^{\circ}\text{C}$), ideal para condiciones de procesamiento extremas. La herramienta, sujeta a máquina, adopta un diseño de cuchilla reemplazable, y la cuchilla y la barra de herramientas están conectadas mediante roscas de alta precisión o bayoneta (tolerancia 6H/6g), lo que facilita la sustitución y el reafilado rápidos de la cuchilla.

2.2 Materiales

El material se basa en carburo de tungsteno (WC) de tamaño nanométrico/micrónico, con una fase de refuerzo compuesta (como CBN 10%-30%, diamante 5%-15%, TiC 5%-10% o Al_2O_3 5%-10 %) y una fase de unión de cobalto (Co 6%-12%) o níquel (Ni 1%-3%), y el tamaño de grano se controla entre 50 y 150 nanómetros. Los tipos de compuestos comunes incluyen WC-Co-CBN (dureza HV 2200-2600, resistencia a la flexión 2300-2700 MPa, adecuado para acero de alta dureza, vida útil

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

de hasta 180-250 horas), WC- TiC -Co (dureza HV 2300-2700, resistencia al calor 1100 °C, adecuado para aleaciones de titanio, vida útil de hasta 190-260 horas), WC-Diamond-Co (dureza HV 2500-3000, resistencia al desgaste extremadamente alta, especialmente diseñado para materiales compuestos, vida útil de hasta 200-300 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza de trabajo (acero HRC 55-70, aleación de titanio HRC 35-45), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de titanio 15-20 W/ m· K) y la temperatura de corte (600-1200 °C). Algunos modelos agregan carburo de tantalio de grado nanométrico (TaC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para optimizar la resistencia al agrietamiento por calor y la resistencia de unión de la interfaz.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de ultraalta pureza (nano/micrón) se mezcla con polvo de fase de refuerzo (como CBN o diamante) en proporción (precisión $\pm 0,05$ %). La fase de enlace es cobalto o níquel a escala nanométrica, y el tamaño de partícula se controla entre 50 y 150 nanómetros. Se utiliza un molino de bolas de alta energía (velocidad 200-350 RPM, tiempo 48-72 horas) para la mezcla húmeda, y se añade isopropanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $< 0,5$ %). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador láser de tamaño de partícula, y la fase cristalina y la unión de la interfase se analizan mediante difracción de rayos X (DRX), con una desviación controlada de $\pm 0,02$ %.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 250-350 MPa para formar la pieza bruta de la cuchilla, con una densidad de 15,2-15,8 g/cm³ . Para mejorar la uniformidad, se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 250-300 MPa, con una duración de 15-20 minutos). El molde está hecho de acero superduro (dureza HRC 60-65), con una precisión de $\pm 0,01$ mm. Se utiliza corte por láser y mecanizado por electrochispa para garantizar la precisión de conformado de la cuchilla y la interfaz compuesta. La densidad de la pieza bruta se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,03$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($< 0,2\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-3} Pa) o en atmósfera de argón, la temperatura se mantiene entre 1500 °C y 1700 °C durante 12-18 horas, incrementándose gradualmente (60 °C por hora, 300 °C-700 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 200-250 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 50-150 nanómetros y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar < 30 HV). La microestructura y la unión de la interfaz se analizan mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide mediante un instrumento de nanoindentación (HV 2200-3000).

3.4 Posprocesamiento

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

El torneado externo se realiza utilizando herramientas CBN, con precisión de concentricidad $<0,01$ mm y rugosidad superficial $Ra \leq 0,1$ micras. La cuchilla se mecaniza en una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,001$ mm), con error de perfil de borde $<0,003$ mm y superficie $Ra \leq 0,01$ micras. El pulido espejo con abrasivos de diamante de tamaño de grano W0,1-W0,5, borde $Ra \leq 0,005$ micras y pulido electrolítico (densidad de corriente $0,05-0,1$ A/cm²) elimina rebabas microscópicas. El chaflán de la punta ($0,05-0,15$ mm, ángulo $5^{\circ}-10^{\circ}$) mejora la capacidad de resistir el colapso del borde, la interfaz compuesta se prueba ultrasónicamente para garantizar la resistencia de la unión y la geometría se calibra mediante interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Proceso PVD o CVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura $500-600$ °C, velocidad de deposición $0,1-0,3$ $\mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen nano-TiAlN (espesor $2-6$ micras, dureza $3200-3600$ HV), nano-AlCrN (espesor $2-5$ micras, dureza $3400-3800$ HV) o nano-DLC (espesor $1-2$ micras, dureza $3400-3900$ HV, coeficiente de fricción $<0,1$), reduciendo el coeficiente de fricción ($<0,2$) y aumentando la vida útil en un $60\%-80\%$. Se utiliza un SEM de alta resolución para verificar la uniformidad del recubrimiento, y un instrumento de nanoindentación se utiliza para probar la dureza y la adhesión (>90 N), con una desviación de espesor de $<0,2$ micras.

3.6 Prueba de embalaje

La CMM detecta la precisión del perfil de la cuchilla y el error geométrico ($<0,005$ mm), y la equilibradora dinámica corrige el desequilibrio (<3 g·mm/kg). Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. El grabado láser del tipo de herramienta, diámetro, número de dientes, tipo de composite y número de lote garantiza la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV $2200-3000$, recubierto $3200-3900$ HV.

Resistencia térmica: 800 °C- 1200 °C. Velocidad de corte (V_c): acero $100-400$ m/min, aleación de titanio $60-250$ m/min, aleación de aluminio $300-500$ m/min.

Avance (f_z): $0,04-0,40$ mm/diente. Profundidad de corte (a_p): $0,1-20$ mm. Tolerancia: precisión del perfil $\pm 0,005$ mm, rugosidad superficial $\pm 0,003$ mm. Rugosidad superficial: Ra $0,05-0,25$ micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Aeroespacial

Procesamiento de álabes de turbina, fuselajes y piezas de aleación de alta temperatura. Los diámetros habituales son de 12 a 35 mm y las profundidades de 60 a 250 mm. Una aerolínea utiliza una herramienta de carburo compuesto de 20 mm de diámetro para procesar álabes de Inconel 718, con una velocidad de corte de 180 m/min y un avance de $0,10$ mm/diente. El error de contorno después del procesamiento es $<0,003$ mm, Ra $0,08$ micras, y la vida útil de la herramienta es de 220 horas, lo que cumple con la norma AS9100. Se requiere alta resistencia a la temperatura y alta precisión, y la presión de refrigeración interna alcanza los 30 bar.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2 Industria del automóvil

Mecanizado de cigüeñales, engranajes y piezas de acero superduro. Los diámetros habituales son de 25 a 60 mm y las profundidades de 40 a 200 mm. Una empresa de piezas de automoción utiliza una herramienta de carburo compuesto de 30 mm de diámetro para mecanizar cigüeñales de acero HRC 60. Esta herramienta ofrece una velocidad de corte de 250 m/min, un avance de 0,15 mm/diente, un error de contorno <0,005 mm tras el mecanizado, un Ra de 0,15 micras, una vida útil de la herramienta de 200 horas, una producción anual de 400.000 piezas y una mejora de la eficiencia del 50 %. En el mecanizado de materiales de alta dureza, las mejoras en la vida útil y la eficiencia son significativas.

5.3 Fabricación de equipos energéticos

Procesamiento de ranuras para ejes de turbinas y cuerpos de válvulas de alta presión. Los diámetros habituales son de 35 a 70 mm y las profundidades de 120 a 350 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza una herramienta compuesta de carburo cementado de 45 mm de diámetro para procesar un eje de turbina de aleación de alta temperatura. Esta herramienta presenta una velocidad de corte de 200 m/min, un avance de 0,12 mm/diente, un error de contorno <0,005 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,10 micras, una vida útil de la herramienta de 250 horas, una producción anual de 1000 piezas y una mejora de la eficiencia del 45 %. Se requiere alta resistencia al desgaste y capacidad de procesamiento de ranuras profundas, y el sistema de refrigeración interno requiere 25 bar .

5.4 Dispositivos médicos

Procesamiento de implantes y microdispositivos ortopédicos. Los diámetros habituales son de 6 a 18 mm y las profundidades de 15 a 60 mm. Una empresa médica utiliza una herramienta de carburo compuesto de 10 mm de diámetro para procesar articulaciones de cadera de aleación de titanio. Esta herramienta tiene una velocidad de corte de 100 m/min, una velocidad de avance de 0,06 mm/diente, un error de contorno <0,002 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,05 micras y una vida útil de 180 horas, lo que cumple con las normas de la FDA. Se requiere una precisión y biocompatibilidad extremadamente altas, por lo que se utiliza comúnmente el recubrimiento DLC.

5.5 Instrumentos de precisión

Procesamiento de moldes de lentes ópticas y microengranajes. Los diámetros habituales son de 6-25 mm y las profundidades de 15-50 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza una herramienta de carburo compuesto de 12 mm de diámetro para procesar moldes de lentes. Esta herramienta ofrece una velocidad de corte de 150 m/min, una velocidad de avance de 0,08 mm/diente, un error de contorno <0,002 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,07 micras, una vida útil de la herramienta de 200 horas y una producción anual de 200 000 piezas, de acuerdo con la norma ISO 2768. En el microprocesamiento de alta precisión, la estabilidad de la herramienta es fundamental.

5.6 Procesamiento de materiales compuestos

Procesamiento de piezas de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP) y fibra de vidrio, con

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

un diámetro común de 15-40 mm y una profundidad de 20-100 mm. Una empresa de materiales compuestos para aviación utiliza una herramienta de carburo de 20 mm de diámetro para procesar piezas de alas de CFRP. La velocidad de corte es de 300 m/min, el avance es de 0,20 mm/diente, el error de contorno después del procesamiento es <0,005 mm, Ra es de 0,10 micras, la vida útil de la herramienta es de 230 horas, la producción anual es de 5000 piezas y la eficiencia se mejora en un 60 %. Alta resistencia al desgaste y baja fuerza de corte, con sistema de refrigeración interno (20 bar).

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en los sectores de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otros. Si necesita herramientas compuestas de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son las microherramientas de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

Las microherramientas de carburo son herramientas de corte de precisión fabricadas con materiales de carburo cementado de tamaños extremadamente pequeños. Se utilizan principalmente para micromecanizado, taladrado de microagujeros y fabricación de microestructuras complejas. Se emplean ampliamente en la fabricación de productos electrónicos, dispositivos médicos, instrumentos de precisión, la industria aeroespacial y sistemas microelectromecánicos (MEMS), entre otros campos. Su principal característica es que el diámetro de la herramienta suele estar entre 0,1 mm y 3 mm. Gracias a su alta dureza (HV 1800-2200) y excelente resistencia al desgaste, pueden cortar eficientemente micropiezas o materiales de alta precisión como acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), plásticos duros y materiales reforzados con fibra de vidrio. Las microherramientas de carburo se basan en carburo de tungsteno (WC) y añaden cobalto (Co) como fase aglutinante. Presentan alta precisión (tolerancia $\pm 0,001$ mm) y resistencia a la vibración, y son aptas para diversos procesos de micromecanizado, como microtorneado, fresado, taladrado y grabado. En comparación con las herramientas tradicionales, las microherramientas de carburo destacan en el procesamiento de microaberturas (diámetro de 0,1 a 1 mm), la calidad superficial (R_a de 0,02 a 0,1 micras) y la estabilidad de corte, siendo especialmente adecuadas para entornos que requieren una precisión y microestructuras ultraaltas. Su diseño es altamente flexible, y la geometría de la cuchilla, el tipo de mango y el recubrimiento se pueden personalizar según los requisitos de procesamiento. Con el avance de la tecnología de microprocesamiento, la herramienta puede integrarse con equipos CNC de alta precisión y sistemas asistidos por láser para optimizar los parámetros de microprocesamiento.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con el rápido desarrollo de la microelectrónica, los implantes médicos y la fabricación de instrumentos de precisión, la demanda de microherramientas de alta precisión y larga vida útil ha aumentado significativamente. En 2025, con la aplicación generalizada de la tecnología 5G, los microsensores y los dispositivos biomédicos, la posición de las microherramientas de carburo cementado en el campo del microprocesamiento y el nanoprocesamiento se consolidará aún más, impulsando la innovación en el refinamiento de materiales, los procesos de fabricación y el tratamiento de superficies.

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

El diseño estructural de las microherramientas de carburo cementado busca un micromecanizado de alta precisión, excelente estabilidad y baja vibración. Generalmente, adoptan una estructura de mango recto ultrafino, con una disposición de cuchilla de uno o varios filos, combinada con un cuerpo de microherramienta de alta rigidez para satisfacer las necesidades del micromecanizado. El

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

diámetro total de la herramienta varía de 0,1 mm a 3 mm. Las microbrocas ($D < 0,5$ mm) se utilizan para el mecanizado de microagujeros, las microfresas ($D = 0,5-2$ mm) son adecuadas para el microranurado y el mecanizado de contornos, y las herramientas de microtorneado ($D = 1-3$ mm) se utilizan para el microtorneado, con un grado de tolerancia de h5 ($0/-0,004$ mm). El tipo de vástago es un vástago recto ultrafino (diámetro de 0,3-4 mm, longitud de 20-50 mm), con un grado de tolerancia de h6 ($0/-0,006$ mm). La longitud del vástago se personaliza según los requisitos de sujeción de la micromáquina herramienta, con una longitud total de 30 mm a 80 mm, adecuada para micro-CNC de alta precisión o equipos de micromecanizado especiales. La longitud de corte efectiva es de 5 mm a 20 mm. El corte superficial (5-10 mm) es adecuado para el microacabado de superficies, y el corte profundo (15-20 mm) es adecuado para el procesamiento de microagujeros profundos. El número de filos de corte es de 1 a 4, dependiendo del diámetro y el tipo de procesamiento, $D < 0,5$ mm es de 1 a 2 filos, $D > 0,5$ mm es de 2 a 4 filos, y el error de espaciado del filo es $< 0,005$ mm. El ángulo de hélice es de $5^{\circ}-30^{\circ}$ (personalizable), las microbrocas suelen ser de $10^{\circ}-15^{\circ}$ para reducir las fuerzas de corte y las microfresas suelen ser de $15^{\circ}-30^{\circ}$ para optimizar la evacuación de la viruta. La geometría de la cuchilla se personaliza según los requisitos de la pieza de trabajo, como el ángulo de la punta de la microbroca (ángulo de $90^{\circ}-140^{\circ}$), el borde curvo de la microfresa (radio de 0,01-0,1 mm) o el borde recto de la herramienta de microtorneado. La cuchilla se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,001$ mm) para garantizar un filo de corte liso ($Ra \leq 0,01$ micras) y un error geométrico $< 0,002$ mm. El cuerpo de la cuchilla está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 2 g·mm/kg, probado a 25000 RPM) para reducir las vibraciones en el microcorte de alta velocidad (amplitud $< 0,002$ mm). Los modelos de alta gama están equipados con micro canales de refrigeración internos (diámetro de 0,1-0,5 mm, presión de 5 a 10 bar) o ranuras de viruta externas (ancho de 0,1-0,5 mm) para mejorar la eficiencia de eliminación de viruta (30%-40%) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte $< 400^{\circ}\text{C}$), lo que los hace adecuados para el micro mecanizado de alta precisión.

2.2 Materiales

El material se compone principalmente de carburo de tungsteno (WC) ultrafino y cobalto (Co 6%-10%), con un tamaño de grano controlado de 0,2 a 0,8 micras para garantizar una alta dureza y tenacidad. Los grados más comunes incluyen YG6X (contenido de cobalto del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión de 1800-2000 MPa, adecuado para microperforación y materiales duros, vida útil de hasta 50-80 horas), YT05 (con carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia térmica de 800°C , adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, vida útil de hasta 60-90 horas), K10 (contenido de cobalto del 6%-8%, dureza HV 1700-1900, fuerte antiadherencia, especial para aleaciones de aluminio y plásticos, vida útil de hasta 70-100 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 20-40, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte ($300-600^{\circ}\text{C}$). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o carburo de tántalo (TaC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia al desgaste y al agrietamiento térmico.

3. Proceso de fabricación

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) ultrafino de pureza ultraalta y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el tamaño de partícula se controla a 0,2-0,8 micras y se añade carburo de titanio (TiC, 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC, 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento. Se utiliza un molino de bolas planetario (velocidad 100-150 RPM, tiempo 24-36 horas) para la mezcla húmeda, y se añade etanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $< 0,5\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y la composición química se analiza mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,05\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 200-250 MPa para formar la pieza bruta de la cuchilla, con una densidad de 14,8-15,2 g/cm³. Para mejorar la uniformidad, se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 200-250 MPa, duración de 10-15 minutos). El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 58-62) con una precisión de $\pm 0,01$ mm. El corte por láser y el mecanizado por electrochispa garantizan la precisión del microformado de la cuchilla. La densidad de la pieza bruta se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,05$ g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio ($< 0,3\%$).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en atmósfera de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 150-200 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 0,2-0,8 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar < 40 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2000).

3.4 Posprocesamiento

El torneado externo se realiza con herramientas CBN con una precisión de descentrado $< 0,005$ mm y una rugosidad superficial $R_a \leq 0,1$ micras. La cuchilla se mecaniza en una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,001$ mm), con un error de perfil de filo $< 0,002$ mm y una superficie $R_a \leq 0,01$ micras. Se realiza un pulido espejo con abrasivos de diamante de tamaño de grano W0,1-W0,5, filo $R_a \leq 0,005$ micras, pulido electrolítico (densidad de corriente 0,05-0,1 A/cm²) para eliminar rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada (0,02-0,1 mm, ángulo 5°-10°) para mejorar la capacidad de resistir el colapso del filo, y la geometría de la cuchilla está calibrada mediante interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Mediante proceso PVD (presión 10^{-3} Pa, temperatura 400-500 °C, velocidad de deposición 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen TiAlN (espesor 1-4 micras, dureza 2800-3200 HV),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AlCrN (espesor 1-3 micras, dureza 3000-3400 HV) o DLC (espesor 0,5-1 micra, dureza 3000-3500 HV, coeficiente de fricción <0,1), reduciendo el coeficiente de fricción (<0,3) y aumentando la vida útil en un 30%-50%. El SEM verifica la uniformidad del recubrimiento, y el nanoindentador prueba la dureza y la adhesión (>70 N), con una desviación de espesor de <0,2 micras.

3.6 Prueba de embalaje

La máquina de medición de coordenadas tridimensional (MMC) detecta la precisión del perfil de la cuchilla y el error geométrico (<0,002 mm), y la máquina de prueba de equilibrado dinámico corrige el desequilibrio (<2 g·mm /kg). Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. Grabado láser del tipo de herramienta, diámetro, número de cuchillas, marca y número de lote para garantizar la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 1800-2000, recubierto 2800-3500 HV.

Resistencia térmica: 500 °C-800 °C. Velocidad de corte (Vc): acero 30-150 m/min, aleación de titanio 20-100 m/min, aleación de aluminio 80-250 m/min.

Avance (fz): 0,005-0,05 mm/diente. Profundidad de corte (ap): 0,01-2 mm. Tolerancia: precisión del perfil ±0,001 mm, rugosidad superficial ±0,002 mm. Rugosidad superficial: Ra 0,02-0,1 micras.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Fabricación de productos electrónicos

Procesamiento de orificios pasantes y conectores para placas de microcircuitos, diámetro común: 0,1-1 mm, profundidad: 0,5-5 mm. Una empresa de electrónica utiliza microherramientas de carburo de 0,3 mm de diámetro para perforar orificios pasantes en PCB. La velocidad de corte es de 100 m/min, el avance es de 0,01 mm/diente, la tolerancia del diámetro del orificio después del procesamiento es de ±0,001 mm, Ra : 0,03 micras, la vida útil de la herramienta es de 60 horas, la producción anual es de 5 millones de piezas y la eficiencia se mejora en un 40 %. Se requiere alta precisión y consistencia de microagujeros, así como un sistema de refrigeración interno (5 bar).

5.2 Dispositivos médicos

Procesamiento de microcatéteres y orificios para implantes. Los diámetros habituales son de 0,2 a 1,5 mm y las profundidades de 1 a 10 mm. Una empresa médica utiliza una microherramienta de carburo de 0,5 mm de diámetro para procesar orificios de catéteres de acero inoxidable. Esta herramienta tiene una velocidad de corte de 50 m/min, una velocidad de avance de 0,008 mm/diente, una tolerancia de diámetro de orificio de ±0,0005 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,02 micras y una vida útil de 50 horas, lo que cumple con las normas de la FDA. Se requiere una precisión y una calidad superficial extremadamente altas, por lo que se suele utilizar un recubrimiento DLC.

5.3 Instrumentos de precisión

Procesamiento de microengranajes y moldes de lentes ópticas. Los diámetros habituales son de 0,5 a 2 mm y las profundidades de 2 a 15 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza una

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

microherramienta de carburo de 1 mm de diámetro para fresar el perfil del engranaje, con una velocidad de corte de 80 m/min, un avance de 0,01 mm/diente, un error de perfil <0,001 mm después del procesamiento, un Ra de 0,03 micras, una vida útil de la herramienta de 70 horas y una producción anual de 300.000 piezas, de acuerdo con la norma ISO 2768. En el procesamiento de estructuras microcomplejas, la estabilidad de la herramienta es fundamental.

5.4 Aeroespacial

Procesamiento de la carcasa del microsensor y orificios de conexión, diámetro común: 0,3-1,2 mm, profundidad: 2-8 mm. Una línea aérea utiliza una microherramienta de carburo de 0,8 mm de diámetro para perforar orificios de sensores de aleación de titanio. Velocidad de corte: 60 m/min, avance: 0,007 mm/diente. Tras el procesamiento, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,0008$ mm, Ra: 0,025 micras, vida útil: 65 horas, conforme a la norma AS9100. Se requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de refrigeración interna alcanza los 10 bar.

5.5 Sistemas microelectromecánicos (MEMS)

Procesamiento de microcanales y estructuras, diámetro común: 0,1-0,8 mm, profundidad: 0,5-5 mm. Una empresa de MEMS utiliza una microherramienta de carburo de 0,2 mm de diámetro para tallar microcanales de silicio. Velocidad de corte: 40 m/min, avance: 0,005 mm/diente, tolerancia del ancho del canal después del procesamiento: $\pm 0,0005$ mm, Ra: 0,02 micras, vida útil de la herramienta: 45 horas, producción anual: 100.000 piezas, mejora de la eficiencia: 35 %. Se requiere una precisión ultraalta y capacidades de micromecanizado, así como un sistema de refrigeración interno (5 bar).

5.6 Relojería

Procesamiento de microengranajes y detalles de caja, diámetro común: 0,5-2 mm, profundidad: 1-10 mm. Un fabricante de relojes utiliza una microherramienta de carburo de 0,7 mm de diámetro para fresar engranajes. Velocidad de corte: 70 m/min, avance: 0,008 mm/diente, error de contorno después del procesamiento: <0,001 mm, Ra: 0,025 micras, vida útil: 60 horas, producción anual: 500.000 piezas, conforme a los estándares de alta relojería. Se requiere un acabado de alta calidad y microcomplejidad, con el apoyo de un sistema de refrigeración interno (5 bar).

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita microherramientas de carburo cementado, ¡estamos encantados de brindarle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

☎ Tel: +86 592 5129696 ✉ Correo electrónico: sales@chinatungsten.com
🌐 Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat: "China Tungsten Online"

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



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

apéndice:

¿Qué son las herramientas de corte con revestimiento de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

Las herramientas de corte con recubrimiento de carburo son herramientas de corte de alta eficiencia con recubrimientos de alto rendimiento aplicados sobre sustratos de carburo. Se utilizan ampliamente en el procesamiento mecánico, la industria aeroespacial, la industria automotriz, la fabricación de equipos energéticos, la fabricación de moldes y otros campos. Su característica principal es que la dureza, la resistencia al desgaste, la resistencia a la oxidación y la estabilidad térmica de la herramienta se mejoran significativamente mediante la tecnología de recubrimiento (como TiN, TiAlN, AlCrN) y corta eficientemente diversos materiales, como acero endurecido (HRC 40-60), acero inoxidable (HRC 20-40), aleaciones de titanio (HRC 30-35), fundición y aleaciones de aluminio. Las herramientas de corte con recubrimiento de carburo se basan en carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co) como aglutinante. El espesor del recubrimiento suele ser de 1 a 10 micras. Presenta una dureza superficial ultraalta (HV 3000-4000) y un bajo coeficiente de fricción (0,2-0,4), siendo aptas para diversos procesos de procesamiento, como torneado, fresado, taladrado y escariado. En comparación con las herramientas sin recubrimiento, las herramientas con recubrimiento ofrecen ventajas significativas en cuanto a velocidad de corte (un aumento del 30% al 60%), vida útil (un aumento del 50% al 150%) y calidad superficial (Ra 0,05-0,5 micras), y son especialmente adecuadas para cortes en seco, de alta eficiencia y alta velocidad. Su diseño es muy flexible y la geometría de la cuchilla, el tipo de recubrimiento y la estructura del mango se pueden personalizar según los requisitos de procesamiento. Gracias a los avances en la tecnología de fabricación inteligente, la herramienta puede integrarse con un sistema de monitorización en tiempo real para optimizar los parámetros de corte.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Ante las mayores exigencias de la industria manufacturera en cuanto a eficiencia de producción y vida útil de las herramientas, las herramientas de corte con recubrimiento de carburo se han convertido en una tecnología clave en el mecanizado moderno. En 2025, con la aplicación generalizada de materiales ligeros y de alto rendimiento (como el Inconel y las aleaciones de titanio) en la industria aeroespacial y automotriz, el avance de la tecnología de recubrimiento (como los nanorrecubrimientos y los recubrimientos multicapa) ha impulsado la mejora continua del rendimiento de las herramientas y ha permitido afrontar los retos de las condiciones extremas de mecanizado.

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

El diseño estructural de las herramientas de corte con recubrimiento de carburo busca lograr un corte eficiente, excelente durabilidad y estabilidad. Generalmente adoptan un mango recto, un

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

mango cónico o una estructura de sujeción de máquina, con una disposición de filo múltiple o de un solo filo, combinada con un cuerpo de herramienta de alta rigidez para adaptarse a diversas necesidades de procesamiento. El diámetro total de la herramienta varía de 3 mm a 80 mm. Las herramientas micro ($D < 10$ mm) se utilizan para el procesamiento fino, las de tamaño mediano ($D = 10-40$ mm) son adecuadas para el corte general y las grandes ($D > 40$ mm) se utilizan para el procesamiento pesado. El grado de tolerancia es h6 ($0/-0,006$ mm). Los tipos de mango incluyen mango recto (DIN 6535 HA/HB) o mango cónico (BT40, CAT50, HSK-A63). El diámetro del mango coincide con el diámetro de corte, el grado de tolerancia es h6 y la longitud del mango (80-400 mm) se personaliza según los requisitos de sujeción y profundidad de procesamiento de la máquina herramienta. El vástago cónico admite una alta transmisión de par (rango de par 30-400 Nm). La longitud total es de 150 mm a 800 mm, adecuada para CNC de tamaño mediano (150-400 mm) o centros de mecanizado de servicio pesado (500-800 mm). La longitud de corte efectiva es de 20 mm a 600 mm. El corte superficial (20-100 mm) es adecuado para el acabado de superficies, y el corte profundo (400-600 mm) es adecuado para el procesamiento de agujeros o ranuras profundas. El número de filos de corte es de 2 a 12, dependiendo del diámetro y el tipo de procesamiento. Los diámetros pequeños ($D < 15$ mm) son de 2 a 4 filos, y los diámetros medianos y grandes ($D > 15$ mm) son de 4 a 12 filos. El error de espaciado del filo es $< 0,01$ mm. El ángulo de hélice es de 10° - 45° (personalizable), y el valor estándar es de 15° - 30° , lo que optimiza la descarga de viruta y la reducción de la vibración. Se suele usar un ángulo de 25° - 30° para el procesamiento fino, y un ángulo de 35° - 45° para el procesamiento de alta resistencia. El filo se mecaniza mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm) para garantizar un filo suave ($R_a \leq 0,02$ micras) y un error geométrico de $< 0,005$ mm. El cuerpo de la fresa está equilibrado dinámicamente (desequilibrio < 5 g·mm/kg, probado a 15 000 RPM) para reducir las vibraciones durante el corte a alta velocidad (amplitud $< 0,005$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con canales de refrigeración internos (diámetro de 0,5-2,5 mm, presión de 5-30 bar) o ranuras externas para virutas (ancho de 1-3 mm) para mejorar la eficiencia de arranque de viruta (30 %-50 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte < 700 °C), adecuados para corte en seco o con cargas elevadas. La herramienta sujeta a máquina adopta un diseño de hoja reemplazable, y la hoja y la barra de herramientas están conectadas mediante roscas de alta precisión o conexiones de bayoneta (tolerancia 6H/6g), lo que permite un reemplazo rápido y un reafileado de la hoja.

2.2 Materiales

El material es principalmente un compuesto de carburo de tungsteno (WC) y cobalto (Co 6%-12%), con un tamaño de grano controlado de 0,5 a 2 micras para garantizar una alta dureza y tenacidad. Los grados comunes incluyen YG8 (contenido de cobalto del 8%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión de 2000-2200 MPa, adecuado para mecanizado en bruto y fundición, vida útil de hasta 100-140 horas), YT15 (con carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia térmica de 850 °C, adecuado para acero inoxidable y aleaciones de titanio, vida útil de hasta 110-150 horas), K20 (contenido de cobalto del 6%-8%, dureza HV 1700-1900, fuerte antiadherencia, especial para aleaciones de aluminio, vida útil de hasta 120-160 horas). La selección del material debe considerar la dureza de la pieza (acero HRC 40-60, aleación de aluminio HB 50-100), la conductividad térmica (acero 40-50 W/ m· K , aleación de aluminio 200-250 W/ m· K) y la temperatura de corte (500-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

900 °C). Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC , 0,5-1 %) o carburo de tantalato (TaC , 0,5-1 %) para optimizar la resistencia al desgaste y al agrietamiento térmico. Los materiales de recubrimiento incluyen TiN (dureza 2000-2500 HV, resistencia al calor 500 °C), TiAlN (dureza 3000-3500 HV, resistencia al calor 900 °C), AlCrN (dureza 3200-3800 HV, resistencia al calor 1100 °C) y DLC (dureza 3000-4000 HV, coeficiente de fricción <0,1), y el espesor del recubrimiento se ajusta según la aplicación.

3. Proceso de fabricación

3.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de alta pureza y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,1\%$), el tamaño de partícula se controla a 0,5-2 micras y se añade carburo de titanio (TiC , 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC , 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento. Se utiliza un molino de bolas planetario (velocidad 50-100 RPM, tiempo 24-48 horas) para la mezcla húmeda, y se añade etanol como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación <1%). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador láser de tamaño de partícula, y la composición química se analiza mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), y la desviación se controla dentro de $\pm 0,05\%$.

3.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 150-200 MPa para formar la pieza bruta de la cuchilla, con una densidad de 14,5-15,2 g/cm³ . Para mejorar la uniformidad, se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 150-200 MPa, duración de 10-15 minutos). El molde está fabricado en acero de alta resistencia (dureza HRC 50-55) con una precisión de $\pm 0,02$ mm. El corte por láser y el mecanizado por electrochispa garantizan la precisión del conformado de la cuchilla. La densidad de la pieza bruta se mide mediante el método de Arquímedes (error <0,1 g/cm³) y la porosidad interna se comprueba mediante microscopio (<0,5%).

3.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-2} Pa) o en atmósfera de hidrógeno, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado isostático en caliente (HIP, presión de 100-150 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 0,5-2 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar <50 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2000).

3.4 Posprocesamiento

El torneado exterior se realiza con herramientas CBN con una precisión de concentricidad <0,01 mm y una rugosidad superficial $R_a \leq 0,2$ micras. La cuchilla se mecaniza en una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,002$ mm), con un error de perfil de filo <0,005 mm y una rugosidad superficial $R_a \leq 0,02$ micras. El pulido espejo con abrasivos de diamante de grano

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

W0,5-W1,0 y una rugosidad de filo $Ra \leq 0,01$ micras, y el pulido electrolítico (densidad de corriente $0,1 \text{ A/cm}^2$) eliminan las rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada ($0,1-0,2 \text{ mm}$, ángulo $5^\circ-10^\circ$) para mejorar la resistencia al colapso del filo, y la geometría de la cuchilla se calibra mediante interferómetro láser.

3.5 Tratamiento de recubrimiento

Proceso PVD o CVD (presión 10^{-3} Pa , temperatura $400-600^\circ\text{C}$, velocidad de deposición $0,1-0,3 \mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen TiN (espesor $2-5 \text{ micras}$), TiAlN (espesor $3-8 \text{ micras}$), AlCrN (espesor $3-7 \text{ micras}$) o DLC (espesor $1-3 \text{ micras}$), que reducen el coeficiente de fricción ($<0,4$) y aumentan la vida útil entre un 50% y un 150% . El microscopio electrónico de barrido (SEM) verifica la uniformidad del recubrimiento, y el nanoindentador prueba la dureza y la adhesión ($>70 \text{ N}$), con una desviación de espesor de $<0,5 \text{ micras}$. El proceso de recubrimiento optimiza la resistencia a la oxidación y la estabilidad térmica de la herramienta. TiAlN y AlCrN son especialmente adecuados para el corte en seco.

3.6 Pruebas y embalaje

La CMM detecta la precisión del perfil de la cuchilla y el error geométrico ($<0,01 \text{ mm}$), y la equilibradora dinámica corrige el desequilibrio ($<5 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$). Recubrimiento de aceite antioxidante o envasado al vacío para prevenir la oxidación. El grabado láser del tipo de herramienta, diámetro, número de cuchillas, tipo de recubrimiento y número de lote garantiza la trazabilidad.

4. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV $1800-2000$, recubierto $3000-4000 \text{ HV}$.

Resistencia térmica: $500^\circ\text{C}-1100^\circ\text{C}$ (según el tipo de recubrimiento). Velocidad de corte (V_c): acero $60-250 \text{ m/min}$, aleación de titanio $40-180 \text{ m/min}$, aleación de aluminio $100-350 \text{ m/min}$.

Avance (f_z): $0,05-0,30 \text{ mm/diente}$. Profundidad de corte (a_p): $0,1-10 \text{ mm}$. Tolerancia: precisión del perfil $\pm 0,005 \text{ mm}$, rugosidad superficial $\pm 0,003 \text{ mm}$. Rugosidad superficial: $Ra \ 0,05-0,5 \text{ micras}$.

5. Escenarios de aplicación

5.1 Aeroespacial

Procesamiento de piezas de fuselaje de aleación de titanio y álabes de aleación de alta temperatura, con un diámetro común de $10-30 \text{ mm}$ y una profundidad de $50-200 \text{ mm}$. Una aerolínea utiliza una herramienta de carburo recubierta de TiAlN de 20 mm de diámetro para procesar conectores de aleación de titanio. La velocidad de corte es de 120 m/min , el avance es de $0,10 \text{ mm/diente}$, el error de contorno después del procesamiento es $<0,005 \text{ mm}$, Ra es de $0,1 \text{ micras}$ y la vida útil de la herramienta es de 150 horas , de acuerdo con la norma AS9100. Se requiere resistencia al calor y alta precisión, y la presión de refrigeración interna alcanza los 20 bar .

5.2 Industria del automóvil

Procesamiento de cilindros y engranajes de motor. Los diámetros habituales son de 20 a 50 mm y las profundidades de 30 a 150 mm . Una empresa de autopartes utiliza una herramienta de carburo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

recubierta de AlCrN de 25 mm de diámetro para procesar cilindros de acero HRC 50. Esta herramienta presenta una velocidad de corte de 180 m/min, un avance de 0,15 mm/diente, un error de contorno <0,005 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,15 micras, una vida útil de la herramienta de 140 horas, una producción anual de 600.000 piezas y una mejora de la eficiencia del 40 %. En el procesamiento de materiales de alta dureza, la ventaja en la vida útil del recubrimiento es significativa.

5.3 Fabricación de equipos energéticos

Procesamiento de ejes de turbinas y cuerpos de válvulas. Los diámetros habituales son de 30 a 70 mm y las profundidades de 100 a 300 mm. Un fabricante de equipos de energía utiliza una herramienta de carburo recubierta de TiAlN de 40 mm de diámetro para procesar ejes de turbinas de Inconel. Esta herramienta presenta una velocidad de corte de 150 m/min, un avance de 0,12 mm/diente, un error de contorno <0,005 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,12 micras, una vida útil de la herramienta de 160 horas, una producción anual de 1000 piezas y una mejora de la eficiencia del 35 %. Se requiere alta resistencia al desgaste y capacidad de procesamiento de ranuras profundas, y el sistema de refrigeración interno requiere 25 bar .

5.4 Fabricación de moldes

Procesamiento de cavidades de molde y manguitos guía. Los diámetros habituales son de 15 a 40 mm y las profundidades de 20 a 100 mm. Una fábrica de moldes utiliza una herramienta de carburo recubierta de TiN de 20 mm de diámetro para fresar las cavidades del molde. Esta herramienta presenta una velocidad de corte de 200 m/min, un avance de 0,15 mm/diente, un error de contorno <0,008 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,2 micras, una vida útil de la herramienta de 130 horas, una producción anual de 800 juegos de moldes y un aumento de la eficiencia del 45 %. Se requiere una alta eficiencia y un conformado de contornos complejos, con el apoyo de un sistema de refrigeración interno (15 bar).

5.5 Instrumentos de precisión

Procesamiento de moldes de lentes ópticas y micropiezas. Los diámetros habituales son de 5 a 20 mm y las profundidades de 10 a 50 mm. Un fabricante de instrumentos de precisión utiliza una herramienta de carburo con recubrimiento DLC de 10 mm de diámetro para procesar moldes de lentes. Esta herramienta ofrece una velocidad de corte de 100 m/min, un avance de 0,08 mm/diente, un error de contorno <0,003 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,05 micras, una vida útil de la herramienta de 120 horas y una producción anual de 400 000 piezas, de acuerdo con la norma ISO 2768. En el microprocesamiento de alta precisión, el recubrimiento tiene un importante efecto de reducción de vibraciones.

5.6 Fabricación de productos electrónicos

Procesamiento de disipadores de calor y conectores de aleación de aluminio. Los diámetros habituales son de 10 a 30 mm y las profundidades de 10 a 40 mm. Una empresa de electrónica utiliza una herramienta de carburo recubierta de AlCrN de 15 mm de diámetro para procesar disipadores de calor. Esta herramienta ofrece una velocidad de corte de 250 m/min, un avance de 0,20 mm/diente, un error de contorno <0,005 mm tras el procesamiento, un Ra de 0,15 micras, una vida útil de la

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

herramienta de 150 horas, una producción anual de 800.000 piezas y un aumento de la eficiencia del 50 %. Se requiere una alta eficiencia y calidad superficial, por lo que el corte en seco es ampliamente utilizado.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita herramientas de corte con recubrimiento de carburo cementado, le ofrecemos servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad.

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de 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

apéndice:

¿Qué son los cuchillos quirúrgicos médicos de carburo?

1. Descripción general

1.1 Definición y función

Las herramientas médicas quirúrgicas de carburo cementado son herramientas de corte de alta precisión fabricadas con materiales de carburo cementado. Están diseñadas para cirugía médica, procesamiento de implantes y corte de biomateriales, y se utilizan ampliamente en ortopedia, neurocirugía, odontología, cirugía mínimamente invasiva, oftalmología y otros campos. Su característica principal es que combinan la alta dureza (HV 1800-2200) y la biocompatibilidad del carburo cementado, lo que permite cortar eficientemente biomateriales de alta resistencia como huesos (dureza HRC 20-40), implantes de aleación de titanio (HRC 30-35), polímeros duros y materiales para lentes oftálmicas. Las herramientas médicas quirúrgicas de carburo cementado se basan en carburo de tungsteno (WC), con cobalto (Co) añadido como fase aglutinante, y se utiliza un tratamiento superficial especial para garantizar la no toxicidad y la resistencia a la corrosión. Son aptas para procesos quirúrgicos como corte, taladrado, fresado, rectificado y grabado. En comparación con los bisturíes quirúrgicos tradicionales de acero inoxidable, los bisturíes médicos de carburo destacan por su precisión de corte (tolerancia de $\pm 0,005$ mm), durabilidad (vida útil prolongada entre un 50 % y un 100 %) y calidad superficial (Ra de 0,02 a 0,1 micras), siendo especialmente adecuados para aplicaciones médicas que requieren alta precisión y un uso prolongado. Su diseño es muy flexible, y la forma de la hoja, el tipo de mango y el recubrimiento se pueden personalizar según las necesidades quirúrgicas. Gracias a los avances en la tecnología médica, la herramienta puede integrarse con el sistema quirúrgico asistido por robot para mejorar la eficiencia quirúrgica.

1.2 Antecedentes del desarrollo

Con el envejecimiento de la población y el rápido desarrollo de la tecnología médica, la demanda de implantes de alta precisión y herramientas quirúrgicas mínimamente invasivas ha aumentado. En 2025, con la popularización de los implantes impresos en 3D, la medicina personalizada y la cirugía robótica, las herramientas quirúrgicas de carburo cementado se convertirán en herramientas clave para la fabricación de dispositivos médicos gracias a su excelente rendimiento de corte y bioseguridad, lo que impulsará la innovación en la optimización de materiales, el tratamiento de superficies y la tecnología de procesamiento aséptico.

2. Características técnicas

2.1 Características estructurales

El diseño estructural de las herramientas quirúrgicas médicas de carburo cementado busca lograr cortes de alta precisión, esterilidad y compatibilidad humana. Generalmente adoptan mangos rectos ultrafinos o estructuras de mango personalizadas, con hojas de uno o varios filos, combinadas con cuerpos de microcuchillas de alta rigidez para satisfacer las necesidades quirúrgicas. El diámetro total de la herramienta varía de 0,5 mm a 10 mm. Las microherramientas ($D < 2$ mm) se utilizan para

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

neurocirugía y odontología, las de tamaño mediano ($D=2-6$ mm) son adecuadas para ortopedia y procesamiento de implantes, y las grandes ($D>6$ mm) se utilizan para cortes óseos pesados. El grado de tolerancia es h5 ($0/-0,004$ mm). El tipo de mango es un mango recto ultrafino (diámetro 1-12 mm, longitud 30-100 mm) o un mango médico que cumple con la norma ISO 13485, con un grado de tolerancia de h6 ($0/-0,006$ mm). La longitud del mango se personaliza según los requisitos de sujeción del instrumento quirúrgico. La longitud total es de 50 mm a 150 mm, adecuada para robots quirúrgicos o instrumentos manuales. La longitud de corte efectiva es de 5 mm a 50 mm. El corte superficial (5-20 mm) es adecuado para tejido blando o microcorte, y el corte profundo (30-50 mm) es adecuado para el procesamiento de hueso o implante. El número de filos de corte es de 1 a 6, dependiendo del diámetro y el tipo de cirugía. $D < 2$ mm es 1-2 filos, $D > 2$ mm es 2-6 filos, y el error de espaciado del filo es $<0,005$ mm. El ángulo de la cuchilla suele ser de 15° - 30° (personalizable) para optimizar la fuerza de corte y el control del daño tisular. La cuchilla se procesa mediante una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,001$ mm) para garantizar filos de corte suaves ($Ra \leq 0,01$ micras) y errores geométricos $<0,002$ mm. El cuerpo de la herramienta está equilibrado dinámicamente (desequilibrio <2 g·mm/kg, velocidad de prueba 20 000 RPM) para reducir la vibración en microcortes (amplitud $<0,002$ mm). Los modelos de gama alta están equipados con microcanales de irrigación internos (diámetro 0,1-0,5 mm, presión 2-5 bar) o con un sistema de extracción de viruta externo para mejorar la extracción de viruta (eficiencia 30-40 %) y la gestión térmica (temperatura de la zona de corte <200 °C) para garantizar un entorno quirúrgico estéril. La superficie de la herramienta está electropulida y con recubrimiento estéril para cumplir con la norma de biocompatibilidad ISO 10993.

2.2 Materiales

El material está compuesto principalmente de carburo de tungsteno ultrafino (WC) y cobalto (Co 6%-8%), con un tamaño de grano controlado de 0,2 a 0,8 micras para garantizar una alta dureza y bioseguridad. Los grados más comunes incluyen YG6X (contenido de cobalto del 6%, dureza HV 1800-1900, resistencia a la flexión de 1800-2000 MPa, apto para huesos y aleaciones de titanio, vida útil de hasta 50-80 horas), YT05 (con carburo de titanio, dureza HV 1900-2000, resistencia térmica de 800 °C, apto para polímeros duros, vida útil de hasta 60-90 horas), K10 (contenido de cobalto del 6%, dureza HV 1700-1900, alta resistencia a la corrosión, especialmente diseñado para el corte de tejidos blandos, vida útil de hasta 70-100 horas). La selección del material debe considerar la dureza de los biomateriales (hueso HRC 20-40, aleación de titanio HRC 30-35), la conductividad térmica (hueso 0,3-0,5 W/m·K, aleación de titanio 15-20 W/m·K) y la temperatura de corte (100-300 °C). El contenido de cobalto está estrictamente controlado para reducir la toxicidad en el cuerpo. Algunos modelos añaden trazas de carburo de niobio (NbC, 0,5%-1%) para optimizar la resistencia al desgaste. El recubrimiento de la superficie puede ser de TiN de grado médico (dureza 2500 HV) o ZrN (dureza 2300 HV) para garantizar la resistencia a la corrosión y la biocompatibilidad.

3. Tipos

Las herramientas médicas quirúrgicas de carburo se dividen en diversas categorías según el tipo de cirugía y los requisitos de procesamiento. A continuación, se presentan las categorías más completas

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

y sus características, basadas en la información de toda la red y la práctica del sector:

Micro broca

El diámetro es de 0,5-2 mm, la hoja tiene un diseño de doble espiral o de punta única, especialmente utilizada para perforación de cráneo en neurocirugía, procesamiento de microimplantes y perforación corneal oftálmica, el ángulo de corte es de 10°-15°, adecuado para microagujeros de alta precisión (tolerancia $\pm 0,0005$ mm), como orificios para tornillos de fijación del cráneo o canales quirúrgicos oftálmicos.

Hoja de sierra para huesos

La longitud es de 20-50 mm, la hoja tiene un diseño de múltiples dientes (6-12 dientes), se utiliza para osteotomía ortopédica, cirugía plástica y corrección de la columna, el ángulo de la hoja es de 20°-30°, adecuado para cortar huesos duros (HRC 20-40) y está equipado con un canal de descarga para reducir el daño térmico.

Fresa dental

El diámetro es de 1-3 mm, la hoja tiene cabeza esférica, cilíndrica o cónica, especialmente utilizada para tallado de raíces, procesamiento de implantes y acabado de coronas, el ángulo de corte es de 15°-25° y la superficie $Ra \leq 0,02$ micrones asegura la compatibilidad del tejido gingival.

Cuchillo de corte mínimamente invasivo

El diámetro es de 0,5 a 1,5 mm, la hoja tiene un diseño de un solo filo o de doble filo, adecuado para cortes de tejidos blandos mínimamente invasivos, procesamiento de microcanales y cirugía endoscópica, el ángulo de la hoja es de 10° a 20°, optimizado para una mínima invasividad y el recubrimiento de ZrN se usa comúnmente.

Herramientas de mecanizado de implantes

El diámetro es de 3-8 mm, la hoja tiene una geometría personalizada (como una hoja escalonada o curva) y se utiliza especialmente para el acabado de implantes de aleación de titanio, acero inoxidable o PEEK. El ángulo de corte es de 15°-30° y la tolerancia es de $\pm 0,002$ mm para satisfacer las necesidades médicas personalizadas.

Herramientas de rectificado

Diámetro de 4-10 mm, con diseño de hoja multigrano o esférica, utilizado para rectificado de superficies óseas, procesamiento de órtesis y pretratamiento de reemplazo de articulaciones, velocidad de corte 20-50 m/min, superficie $Ra \leq 0,05$ micrones, equipado con revestimiento de alta resistencia al desgaste.

Bisturí oftálmico

El diámetro es de 0,1-1 mm, la hoja es de un solo filo ultrafino o diseño de microanillo, especialmente utilizado para el corte de cataratas, trasplante de córnea y cirugía vítrea, el ángulo de corte es de 5°-15° y la hoja $Ra \leq 0,005$ micrones, lo que garantiza un daño tisular mínimo.

Cortador vascular

El diámetro es de 0,3-1,2 mm, la hoja es una hoja recta ultrafina o un diseño en forma de gancho, adecuado para cirugía cardiovascular y trasplante de bypass vascular, el ángulo de corte es de 10°-20°, la superficie está especialmente recubierta con un revestimiento antitrombótico y la tolerancia es de $\pm 0,001$ mm.

Cuchillo para tallar tejidos

El diámetro es de 1-4 mm, la hoja tiene una cabeza esférica o un diseño plano, especialmente

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

utilizado para cirugía plástica, modelado de tejidos blandos y resección de tumores, el ángulo de corte es de 15°-25°, optimizando la fuerza de corte y la protección del tejido, y el recubrimiento de TiN se usa comúnmente.

Broca para tornillos óseos

El diámetro es de 1,5-3,5 mm, la hoja tiene un diseño en espiral o escalonado, especialmente utilizado para la perforación previa de tornillos de fijación ortopédica y la fijación interna de fracturas, el ángulo de corte es de 15°-20°, la profundidad se controla a 10-30 mm y es muy duradero.

Herramientas artroscópicas

El diámetro es de 0,8-2 mm, la hoja tiene un diseño de cabeza de microesfera o en forma de pala, adecuado para artroscopia de rodilla y hombro, el ángulo de corte es de 10°-20°, equipado con un canal de descarga y la tolerancia es de $\pm 0,0005$ mm.

Bisturí de columna

El diámetro es de 2 a 6 mm y la hoja es un diseño personalizado de múltiples hojas o dentado, especialmente utilizado para la fusión espinal y discectomía, con un ángulo de corte de 20° a 30°, adecuado para materiales espinales duros y una vida útil de hasta 60-90 horas.

4. Proceso de fabricación

4.1 Preparación de la materia prima

El polvo de carburo de tungsteno (WC) de pureza ultraalta de grado médico y el polvo de cobalto (Co) se mezclan en proporción (precisión $\pm 0,05\%$), el tamaño de partícula se controla a 0,2-0,8 micras y se añade carburo de titanio (TiC, 0,5%-1%) o carburo de niobio (NbC, 0,5%-1%) para mejorar el rendimiento. Se utiliza un molino de bolas de alta energía (velocidad 100-150 RPM, tiempo 24-36 horas) para la mezcla húmeda, y se añade etanol de grado médico como dispersante para asegurar la uniformidad del polvo (segregación $< 0,5\%$). La distribución del tamaño de partícula se detecta mediante un analizador de tamaño de partícula láser, y el contenido de metales pesados se analiza mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). La desviación se controla dentro de $\pm 0,01\%$, lo que cumple con los estándares de la FDA.

4.2 Prensado

La prensa hidráulica aplica una presión de 200-250 MPa para formar la pieza bruta de la cuchilla, con una densidad de 14,8-15,2 g/cm³. Se utiliza tecnología de prensado isostático en frío (CIP, presión de 200-250 MPa, duración de 10-15 minutos) para mejorar la uniformidad. El molde está hecho de acero inoxidable médico (dureza HRC 50-55) con una precisión de $\pm 0,01$ mm. Se utiliza corte por láser y mecanizado por electrochispa para garantizar la precisión del conformado de la cuchilla. La densidad de la pieza bruta se mide mediante el método de Arquímedes (error $< 0,05$ g/cm³) y la porosidad interna se verifica mediante microscopio ($< 0,3\%$).

4.3 Sinterización a alta temperatura

En un horno de vacío (presión de 10^{-3} Pa) o en atmósfera de argón, la temperatura se mantiene entre 1400 °C y 1600 °C durante 10-12 horas, incrementándose gradualmente (50 °C por hora, 300 °C-600 °C en la etapa de precalentamiento) para eliminar los volátiles. Se utiliza tecnología de prensado

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

isostático en caliente (HIP, presión de 150-200 MPa) para eliminar microdefectos, controlar el tamaño de grano a 0,2-0,8 micras y distribuir uniformemente la microdureza (desviación estándar <40 HV). La microestructura se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), y la dureza se mide con un durómetro Vickers (HV 1800-2000).

4.4 Posprocesamiento

El torneado externo se realiza con herramientas CBN con una precisión de concentricidad <0,005 mm y una rugosidad superficial $Ra \leq 0,1$ micras. La cuchilla se mecaniza en una rectificadora CNC de cinco ejes de ultraprecisión (precisión $\pm 0,001$ mm), con un error de perfil de filo <0,002 mm y una superficie $Ra \leq 0,01$ micras. Se realiza un pulido espejo con abrasivos de diamante de tamaño de grano W0,1-W0,5, filo $Ra \leq 0,005$ micras, pulido electrolítico (densidad de corriente 0,05-0,1 A/cm²) para eliminar rebabas microscópicas. La punta de la cuchilla está biselada (0,02-0,1 mm, ángulo 10°-15°) para mejorar la capacidad de resistir el colapso del filo, y la geometría de la cuchilla está calibrada mediante interferómetro láser.

4.5 Tratamiento de recubrimiento

El recubrimiento se logra mediante un proceso de PVD de grado médico (presión 10^{-3} Pa, temperatura 350-450 °C, velocidad de deposición 0,1-0,2 $\mu\text{m/h}$). Los tipos de recubrimiento incluyen TiN (espesor 1-3 micras, dureza 2500 HV) o ZrN (espesor 1-2 micras, dureza 2300 HV), lo que garantiza la resistencia a la corrosión y la biocompatibilidad, reduce el coeficiente de fricción (<0,3) y aumenta la vida útil entre un 30 % y un 50 %. El microscopio electrónico de barrido (MEB) verifica la uniformidad del recubrimiento, y la nanoindentación prueba la dureza y la adhesión (>70 N), con una desviación de espesor de <0,2 micras. El recubrimiento es estéril y cumple con la norma ISO 10993.

4.6 Pruebas y embalaje

La precisión del perfil de la herramienta y el error geométrico (<0,002 mm) se verifican mediante una máquina de medición por coordenadas (MMC), y el desequilibrio (<2 g·mm/kg) se corrige mediante una equilibradora dinámica. Se realizan pruebas de esterilidad (SAL 10^{-6}) y se utiliza esterilización por rayos gamma u óxido de etileno. El envasado al vacío previene la oxidación y la contaminación. El tipo de herramienta, el diámetro, el número de cuchillas, el número de lote y la marca de esterilidad se graban con láser para garantizar la trazabilidad.

5. Parámetros técnicos

Dureza: sustrato HV 1800-2000, recubierto 2300-2500 HV.

Resistencia térmica: 300 °C-800 °C. Velocidad de corte (Vc): hueso 20-80 m/min, aleación de titanio 30-120 m/min, polímero 50-150 m/min.

Avance (fz): 0,005-0,03 mm/diente. Profundidad de corte (ap): 0,01-3 mm. Tolerancia: precisión de perfil $\pm 0,005$ mm, rugosidad superficial $\pm 0,002$ mm. Rugosidad superficial: Ra 0,02-0,1 micras.

6. Escenarios de aplicación

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 Cirugía ortopédica

Procesamiento de implantes de cadera y placas óseas, diámetro común: 2-6 mm, profundidad: 10-30 mm. Una empresa ortopédica utiliza una herramienta médica de carburo de 4 mm de diámetro para cortar articulaciones de cadera de aleación de titanio. Velocidad de corte: 60 m/min, avance: 0,01 mm/diente, error de contorno después del procesamiento: <0,002 mm, Ra: 0,03 micras, vida útil: 70 horas, conforme a las normas de la FDA. Se requiere alta precisión y durabilidad, y se admiten canales de descarga (3 bar).

6.2 Neurocirugía

Procesamiento de perforación craneal y microimplantes, diámetro común: 0,5-2 mm, profundidad: 5-15 mm. Un hospital de neurocirugía utiliza una herramienta médica de carburo de 1 mm de diámetro para perforar el cráneo. La velocidad de corte es de 40 m/min, el avance es de 0,008 mm/diente, la tolerancia del diámetro del orificio es de $\pm 0,0005$ mm después del procesamiento, Ra: 0,02 micras, la vida útil de la herramienta es de 50 horas y cumple con los requisitos de alta precisión. Se requiere miniaturización y esterilidad, y el recubrimiento de TiN es de uso común.

6.3 Cirugía dental

Procesamiento de raíces dentales e implantes. Los diámetros habituales son de 1 a 3 mm y las profundidades de 5 a 20 mm. Una clínica dental utiliza una herramienta médica de carburo de 2 mm de diámetro para cortar raíces dentales, con una velocidad de corte de 50 m/min, un avance de 0,01 mm/diente, un error de contorno <0,001 mm después del procesamiento, un Ra de 0,025 micras y una vida útil de 60 horas, cumpliendo con los estándares de biocompatibilidad. Se requiere un acabado de alta calidad y resistencia a la corrosión.

6.4 Cirugía mínimamente invasiva

Procesamiento de tejido blando y microcanales, diámetro común: 0,5-1,5 mm, profundidad: 2-10 mm. Un centro de cirugía mínimamente invasiva utiliza herramientas médicas de carburo de 0,8 mm de diámetro para cortar tejido blando. Velocidad de corte: 30 m/min, avance: 0,005 mm/diente, tolerancia de ancho de corte: $\pm 0,0005$ mm tras el procesamiento, Ra: 0,02 micras, vida útil de la herramienta: 45 horas, para garantizar un trauma mínimo. Se requiere alta precisión y un entorno estéril.

6.5 Fabricación de implantes

Procesamiento de implantes de aleación de titanio personalizados, con un diámetro común de 3-8 mm y una profundidad de 15-40 mm. Un fabricante de implantes utiliza herramientas médicas de carburo de 5 mm de diámetro para procesar implantes craneales. La velocidad de corte es de 70 m/min, el avance es de 0,012 mm/diente, el error de contorno después del procesamiento es <0,002 mm, Ra es de 0,03 micras, la vida útil de la herramienta es de 80 horas y la producción anual es de 100.000 piezas, de acuerdo con la norma ISO 13485. Se requieren altas garantías de durabilidad y bioseguridad.

6.6 Cirugía ortopédica

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

Procesamiento de órtesis óseas, diámetro común: 4-10 mm, profundidad: 20-50 mm. Una empresa de equipos ortopédicos utiliza una herramienta médica de carburo de 6 mm de diámetro para cortar brackets óseos. Velocidad de corte: 60 m/min, avance: 0,015 mm/diente, error de contorno después del procesamiento: <0,003 mm, Ra: 0,04 micras, vida útil: 75 horas, producción anual: 50.000 piezas, compatible con la operación de robots quirúrgicos. Se requiere alta estabilidad y diseño de descarga (5 bar).

6.7 Cirugía oftálmica

Procesamiento de lentes oftálmicas y córneas. Los diámetros habituales son de 0,1 a 1 mm y las profundidades de 1 a 5 mm. Un hospital oftalmológico utiliza una herramienta médica de carburo de 0,5 mm de diámetro para cortar cataratas. Esta herramienta tiene una velocidad de corte de 20 m/min, una velocidad de avance de 0,003 mm/diente, una tolerancia de corte de $\pm 0,0003$ mm tras el procesamiento, un Ra de 0,01 micras y una vida útil de 40 horas, lo que cumple con los requisitos de alta precisión. Se requieren ultraminiaturización y esterilidad.

6.8 Cirugía cardiovascular

Procesamiento de stents vasculares y bypasses. Los diámetros habituales son de 0,3 a 1,2 mm y las profundidades de 2 a 8 mm. Un centro cardiovascular utiliza herramientas médicas de carburo de 0,8 mm de diámetro para cortar vasos sanguíneos, con una velocidad de corte de 30 m/min, una velocidad de avance de 0,005 mm/diente, una tolerancia de corte de $\pm 0,0005$ mm después del procesamiento, un Ra de 0,015 micras y una vida útil de 50 horas para garantizar sus propiedades antitrombóticas.

Con 30 años de experiencia en la fabricación de carburo cementado, CTIA GROUP ha diseñado y producido una gran cantidad de productos de carburo cementado de alto rendimiento, satisfaciendo las exigentes necesidades de decenas de miles de clientes en las industrias de maquinaria, aviación, energía, minería, electrónica, automoción, química y militar, entre otras. Si necesita herramientas médicas y quirúrgicas de carburo cementado, ¡estamos dispuestos a brindarle servicios personalizados precisos, eficientes y de alta calidad!

Contáctenos para obtener la información más reciente de la industria y personalizar soluciones exclusivas:

Tel: +86 592 5129696 Correo electrónico: sales@chinatungsten.com

Sitio web: www.tungstenpowder.com Cuenta pública de WeChat: "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tabla de contenido

Parte 4: Clasificación y campos de aplicación del carburo cementado

Capítulo 11 Herramientas de corte y procesamiento de carburo

11.0 Herramientas de corte y procesamiento de carburo

11.0.1 ¿Qué es el corte?

11.0.2 ¿Qué son las herramientas de corte de carburo?

11.0.3 ¿Qué son las herramientas de corte de carburo cementado?

(1) Herramientas de torneado de carburo (

2) Fresas de carburo (3) Brocas de carburo (4) Herramientas de mandrinado de carburo (5)

Escariadores de carburo (6) Brochas de carburo (7) Herramientas de conformado de carburo (8)

Herramientas especiales de corte de carburo (8.1)

Herramientas de corte de nanocarburo

(8.2) Herramientas de materiales compuestos de carburo (8.3) Herramientas de material superduro

de carburo (8.4) Microherramientas de carburo (8.5) Herramientas de material superduro para

corte de PCD (8.6) Herramientas de corte revestidas de carburo cementado (8.7) Herramientas de

corte de procesamiento de material compuesto de aviación de carburo cementado (como

revestimiento de ala) (8.8) Herramientas de corte de placa de microcircuito electrónico de carburo

cementado (como sustrato de chip) (8.9) Herramientas de perforación de microagujeros de

dispositivos médicos (como implantes ortopédicos) (8.10) Herramientas quirúrgicas médicas de

carburo cementado 11.0.4 ¿Cuáles son los objetos de procesamiento? ¿Es adecuado para

herramientas de corte de carburo cementado?

11.1 Parámetros geométricos de las herramientas de carburo cementado

11.1.1 Parámetros geométricos y optimización de vanguardia

11.1.2 Rendimiento de herramientas recubiertas (PVD, CVD)

11.2 Rendimiento de corte

11.2.1 Corte a alta velocidad (>1000 m/min)

11.2.2 Resistencia al desgaste y vida útil de la herramienta (>10 horas)

11.3 Procesamiento de objetos

11.3.1 Acero, fundición y materiales de difícil procesamiento (aleaciones de Ti)

11.3.2 Materiales compuestos y materiales superduros

11.4 Análisis de fallos y mejora

11.4.1 Desgaste de la herramienta (cráter, desgaste del flanco)

11.4.2 Estrategia de optimización (tamaño de grano, espesor del recubrimiento)

Referencias

apéndice:

Breve introducción del proceso de recubrimiento de herramientas de carburo

Comparación de la tecnología de herramientas con recubrimiento PVD y CVD

Comparación de la tecnología de carburo cementado y materiales superduros

Parámetros geométricos y optimización de herramientas de carburo cementado

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Herramientas de torneado de carburo

ISO 513:2012 Clasificación y aplicación de materiales duros y herramientas de corte con revestimiento duro

Clasificación y aplicación de materiales de corte duros para la eliminación de metal con filos de corte definidos: designación de los principales grupos y grupos de aplicación
GB/T 2073-2013

Herramientas de torneado de carburo Herramientas de torneado de carburo

GB/T 1800.1-2009 Tolerancias y ajustes Parte 1: Principios básicos y términos relacionados con las zonas de tolerancia

Tolerancias y ajustes

— Parte 1: Principios de las zonas de tolerancia y términos relacionados

GB/T 2072-2006 Especificaciones técnicas para carburo cementado

Condiciones técnicas para aleaciones duras

GB/T 5319-2017 Parámetros geométricos y ángulos de herramientas de torneado

Parámetros geométricos y ángulos de las herramientas de torneado

ISO 513:2012 Clasificación y aplicación de materiales duros y herramientas de corte con revestimiento duro

Clasificación y aplicación de materiales de corte duros para arranque de viruta con filos definidos
- Designación de los principales grupos y grupos de aplicación

Fresas de carburo

¿Qué son las fresas de carburo?

¿Qué es una fresa frontal de carburo?

¿Qué es una fresa de bola de carburo?

¿Qué es una fresa de perfil de carburo?

¿Qué es una fresa de desbaste de carburo?

¿Qué es una fresa de acabado de carburo?

¿Cuáles son los estándares chinos para las fresas de carburo?

Fresa circular de carburo JB/T 8776-2018 para carpintería

Fresas de arco circular de carburo para carpintería

¿Qué es una fresa de arco de carburo para trabajar la madera?

JB/T 7966.1-2014 Fresa de matriz Parte 1: Generalidades

Fresas para moldes — Parte 1: Reglas generales

¿Qué es una fresa de carburo ?

Fresa de rosca de carburo sólido JB/T 13685-2020

Fresas de roscar de carburo integral

¿Qué es una fresa de roscar de carburo sólido?

Fresas de extremo ondulado trasero de carburo sólido JB/T 11744-2013

Fresas de extremo de carburo integral con borde ondulado trasero

fresa de extremo ondulado trasero de carburo sólido ?

JB/T 7972-1999 Fresa de extremo de vástago cónico con dientes helicoidales de carburo

Fresas de extremo de vástago cónico helicoidal de carburo

fresa de extremo cónico helicoidal de carburo ?

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

JB/T 7971-1999 Fresa de extremo de vástago recto con engranaje helicoidal de carburo
Fresas de extremo de vástago recto helicoidal de carburo
fresa de extremo recto helicoidal de carburo ?
GB/T 6120-2012 Fresa de hoja de sierra
Sierras de corte
GB/T 14301-2008 Fresa de hoja de sierra de carburo sólido
Sierras de corte de carburo integral
¿Qué es una fresa de hoja de sierra de carburo sólido ?
GB/T 10948-2006 Fresa de carburo para ranuras en T
Fresas de carburo para ranuras en T
¿Qué es una fresa de ranura en T de carburo ?
GB/T 25992-2010 Dimensiones de fresas de punta esférica de mango recto de carburo sólido y cerámica
Dimensiones de carburo integral y cerámica
Fresas de punta esférica de mango recto
fresa de punta esférica de vástago recto de carburo sólido ?
GB/T 16770.1-2008 Fresas de extremo recto de carburo sólido Parte 1: Tipos y dimensiones
Fresas de extremo recto de carburo integral — Parte 1: Tipos y dimensiones
¿Qué es una fresa de extremo recto de carburo sólido?
GB/T 16456.3-2008 Fresas de extremo de dientes espirales de carburo Parte 3: Tipos y dimensiones de fresas de extremo de vástago cónico Morse
Fresas de extremo espiral de carburo - Parte 3: Fresas de extremo con mango cónico Morse - Tipos y dimensiones
¿Qué es una fresa de dientes helicoidales de carburo ?
fresa de extremo cónico Morse de carburo ?
GB/T 16456.1-2008 Fresas de extremo de dientes helicoidales de carburo Parte 1: Requisitos generales
Fresas de extremo espiral de carburo — Parte 1: Requisitos generales
GB/T 16456.2-2008 Fresas de extremo de dientes helicoidales de carburo Parte 2: 7:24 Fresas de extremo de mango cónico Tipos y dimensiones
Fresas de extremo espiral de carburo - Parte 2: 7:24 Fresas de extremo de mango cónico - Tipos y dimensiones
fresa de extremo cónico con dientes en espiral de carburo ?
ISO 15641:2001 Herramientas de fresado para mecanizado de alta velocidad — Requisitos de seguridad
Fresas para mecanizado de alta velocidad : requisitos de seguridad
Brocas de carburo
¿Qué es una broca helicoidal de carburo?
¿Qué es una broca de carburo para agujeros profundos?
¿Qué es una broca escalonada de carburo?
¿Qué son las herramientas de mandrilado de carburo?
¿Qué es una herramienta de mandrinado de carburo de un solo filo?

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- ¿Qué es una herramienta de mandrinado multifilo de carburo?
- ¿Qué es una herramienta de mandrilado ajustable de carburo?
- ¿Qué son los escariadores de carburo?
- ¿Qué es un escariador de borde recto de carburo?
- ¿Qué es un escariador de filo espiral de carburo?
- ¿Qué es un escariador ajustable de carburo?
- ¿Qué son las brocas de carburo?
- ¿Qué son las herramientas de conformado de carburo?
- ¿Qué es una herramienta de torneado de carburo?
- ¿Qué es una fresa de perfil de carburo?
- ¿Qué son las herramientas de corte de carburo nano?
- ¿Qué son las herramientas compuestas de carburo?
- ¿Qué son las microherramientas de carburo?
- ¿Qué son las herramientas de corte con revestimiento de carburo?
- ¿Qué son los cuchillos quirúrgicos médicos de carburo?

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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