

Wolframhartmetall
Umfassende Untersuchung physikalischer und chemischer
Eigenschaften, Prozesse und Anwendungen (XII)

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Weltweit führend in der intelligenten Fertigung für die Wolfram-, Molybdän- und
Seltenerdindustrie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

EINFÜHRUNG IN DIE CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft mit unabhängiger Rechtspersönlichkeit, die von CHINATUNGSTEN ONLINE gegründet wurde, widmet sich der Förderung der intelligenten, integrierten und flexiblen Entwicklung und Herstellung von Wolfram- und Molybdänmaterialien im Zeitalter des industriellen Internets. CHINATUNGSTEN ONLINE, gegründet 1997 mit www.chinatungsten.com als Ausgangspunkt – Chinas erster erstklassiger Website für Wolframprodukte – ist das bahnbrechende E-Commerce-Unternehmen des Landes mit Fokus auf die Wolfram-, Molybdän- und Seltene Erden-Industrien. CTIA GROUP nutzt fast drei Jahrzehnte umfassende Erfahrung in den Bereichen Wolfram und Molybdän, erbt die außergewöhnlichen Entwicklungs- und Fertigungskapazitäten, die erstklassigen Dienstleistungen und den weltweiten Ruf ihres Mutterunternehmens und wird so zu einem umfassenden Anbieter von Anwendungslösungen in den Bereichen Wolframchemikalien, Wolframmetalle, Hartmetalle, hochdichte Legierungen, Molybdän und Molybdänlegierungen.

In den vergangenen 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE über 200 mehrsprachige professionelle Websites zu den Themen Wolfram und Molybdän in mehr als 20 Sprachen erstellt, die über eine Million Seiten mit Nachrichten, Preisen und Marktanalysen zu Wolfram, Molybdän und Seltenen Erden enthalten. Seit 2013 wurden auf dem offiziellen WeChat-Konto „CHINATUNGSTEN ONLINE“ über 40.000 Informationen veröffentlicht, die fast 100.000 Follower erreichen und täglich Hunderttausenden von Branchenexperten weltweit kostenlose Informationen bieten. Mit Milliarden von Besuchen auf seinem Website-Cluster und seinem offiziellen Konto hat sich das Unternehmen zu einer anerkannten globalen und maßgeblichen Informationsdrehscheibe für die Wolfram-, Molybdän- und Seltene Erden-Branche entwickelt, die rund um die Uhr mehrsprachige Nachrichten, Informationen zu Produktleistung, Marktpreisen und Markttrends bietet.

Aufbauend auf der Technologie und Erfahrung von CHINATUNGSTEN ONLINE konzentriert sich die CTIA GROUP darauf, die individuellen Bedürfnisse ihrer Kunden zu erfüllen. Mithilfe von KI-Technologie entwickelt und produziert sie gemeinsam mit ihren Kunden Wolfram- und Molybdänprodukte mit spezifischen chemischen Zusammensetzungen und physikalischen Eigenschaften (wie Partikelgröße, Dichte, Härte, Festigkeit, Abmessungen und Toleranzen). Das Angebot umfasst integrierte Dienstleistungen für den gesamten Prozess, vom Formenöffnen und der Probeproduktion bis hin zur Veredelung, Verpackung und Logistik. In den letzten 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE weltweit über 130.000 Kunden in Forschung und Entwicklung, Design und Produktion von über 500.000 Arten von Wolfram- und Molybdänprodukten unterstützt und so den Grundstein für eine maßgeschneiderte, flexible und intelligente Fertigung gelegt. Auf dieser Grundlage vertieft die CTIA GROUP die intelligente Fertigung und integrierte Innovation von Wolfram- und Molybdänmaterialien im Zeitalter des industriellen Internets weiter.

Dr. Hanns und sein Team bei der CTIA GROUP haben auf der Grundlage ihrer über 30-jährigen Branchenerfahrung auch Fachwissen, Technologien, Wolframpreise und Markttrendanalysen in Bezug auf Wolfram, Molybdän und Seltene Erden verfasst und veröffentlicht und geben diese kostenlos an die Wolframbranche weiter. Dr. Han, mit über 30 Jahren Erfahrung seit den 1990er Jahren im E-Commerce und internationalen Handel mit Wolfram- und Molybdänprodukten sowie in der Entwicklung und Herstellung von Hartmetallen und hochdichten Legierungen, ist im In- und Ausland ein renommierter Experte für Wolfram- und Molybdänprodukte. Getreu dem Grundsatz, der Branche professionelle und qualitativ hochwertige Informationen zu liefern, verfasst das Team der CTIA GROUP kontinuierlich technische Forschungsarbeiten, Artikel und Branchenberichte auf Grundlage der Produktionspraxis und der Kundenbedürfnisse und findet dafür breite Anerkennung in der Branche. Diese Erfolge stellen eine solide Unterstützung für die technologische Innovation, die Produktförderung und den Branchenaustausch der CTIA GROUP dar und verhelfen ihr zu einem führenden Unternehmen in der globalen Herstellung von Wolfram- und Molybdänprodukten sowie bei Informationsdienstleistungen.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-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

Teil 4: Klassifizierung und Anwendungsgebiete von Hartmetall

Kapitel 12 Verschleißfeste Hartmetallteile und Oberflächentechnik

12.0 Überblick über Hartmetall-Verschleißteile und Oberflächentechnik

Verschleißfeste Teile aus Hartmetall spielen aufgrund ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften und Haltbarkeit eine wichtige Rolle in der modernen Industrie. Ihre hohe Härte (HV 1600–2500 $\pm$ 30), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und ausgezeichnete Schlagzähigkeit (Schlagenergie $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) machen sie zu bevorzugten Materialien für Anwendungen wie Formen, Dichtungen, Düsen, Bergbaubohrer und Oberflächenbeschichtungen. Die Leistungsparameter dieser Teile zeigen in der Praxis erhebliche Vorteile, wie z. B. eine Formlebensdauer von $> 10^6 \pm 10^5$, eine Dichtungsleckagerate von nur $< 0,01 \text{ ml/min} \pm 0,001 \text{ ml/min}$, eine kontrollierte Düsendurchflussabweichung von $< 1 \% \pm 0,1 \%$, eine Lebensdauer von Bergbaubohrern von über 100 Stunden ± 10 Stunden und eine Oberflächenbeschichtungsstärke von 50–500 $\mu\text{m} \pm$ Durch geometrische Optimierung (wie Spannungskonzentrationskoeffizient $K_t < 1,3 \pm 0,05$), thermische Spritztechnologie (wie WC-Co, Bindungsstärke $> 70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) und Oberflächenverstärkungstechnologie (wie Laserbeschichtung, Härte HV 2000–3000 ± 50) wurde die Leistung verschleißfester Teile aus Hartmetall deutlich verbessert und die Verschleißfestigkeit kann um $30 \% \pm 5 \%$ reduziert werden, wodurch die Lebensdauer effektiv verlängert und die Arbeitseffizienz verbessert wird.

12.0.1 Konzept der verschleißfesten Hartmetallteile

Verschleißfeste Teile aus Hartmetall sind hochleistungsfähige, verschleißfeste Teile, die in einem pulvermetallurgischen Verfahren mit Hartphasen wie Wolframkarbid (WC), Titankarbid (TiC) oder Niobkarbid (NbC) als Matrix hergestellt werden, ergänzt durch metallische Bindephasen wie Kobalt (Co) und Nickel (Ni). Diese Teile verfügen über eine ultrahohe Verschleißfestigkeit, da ihre Korngröße üblicherweise im Bereich von 0,2 bis 2 Mikrometern liegt, und eignen sich besonders für industrielle Anwendungen mit hoher Belastung, häufiger Reibung oder extremen Umgebungen. Die Verschleißfestigkeit von Hartmetall ergibt sich aus der Balance zwischen seiner hohen Härte und der entsprechenden Zähigkeit. Der Härtewert liegt üblicherweise zwischen 1.600 und 2.500 Vickershärte (HV) und ist damit weit höher als bei herkömmlichem Stahl (200–600 HV). Durch Zugabe von Spurenelementen oder Verbundwerkstoffen (wie dem WC-Co-System) kann die Schlagzähigkeit über 50 J erreichen, was ausreicht, um mechanischen Stößen und thermischer Belastung standzuhalten. Das Konstruktionsziel verschleißfester Teile besteht nicht nur darin, die Lebensdauer zu verlängern (beispielsweise muss die Form Millionen von Stanzzyklen standhalten), sondern auch die Stabilität unter komplexen Arbeitsbedingungen zu gewährleisten. Dichtungen müssen beispielsweise eine geringe Leckage aufweisen und Düsen einen präzisen Durchfluss gewährleisten. Diese Eigenschaften machen sie in der Fertigungs-, Bergbau- und Energiebranche unverzichtbar.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.0.2 Definition und Bedeutung der Oberflächentechnik

Oberflächentechnik ist eine Technologie, die die Oberfläche von Materialien durch physikalische, chemische oder mechanische Verfahren modifiziert oder beschichtet, um die Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit oder Biokompatibilität von Teilen zu verbessern. Bei verschleißfesten Hartmetallteilen verbessert die Oberflächentechnik die Oberflächeneigenschaften durch Verfahren wie thermisches Spritzen, Laserauftragschweißen und Ionenimplantation deutlich. Beispielsweise kann durch thermisches Spritzen eine WC-Co-Beschichtung mit einer Haftfestigkeit von über 70 MPa und einer steuerbaren Schichtdicke im Bereich von 50–500 µm auf dem Substrat aufgebracht werden, was die Verschleißfestigkeit deutlich verbessert. Laserauftragschweißen bildet durch lokales Schmelzen und schnelles Erstarren eine metallurgische Verbindungsverstärkungsschicht mit einer Härte von bis zu 2000–3000 HV und einer um etwa 30 % reduzierten Verschleißfestigkeit, was die Lebensdauer der Teile effektiv verlängert. Kern der Oberflächentechnik ist die Optimierung der Oberflächenmikrostruktur, die Reduzierung der Spannungskonzentration ($K_t < 1,3$), die Verbesserung der Ermüdungsbeständigkeit und der Erhalt der mechanischen Gesamteigenschaften des Grundmaterials. Diese Technologie ist insbesondere bei Hartmetallanwendungen wichtig, da die Oberfläche der Bereich ist, in dem das Teil in direktem Kontakt mit der äußeren Umgebung steht und ihre Leistung sich direkt auf die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der gesamten Komponente auswirkt.

12.0.3 Anwendungshintergrund und Entwicklung von verschleißfesten Hartmetallteilen und Oberflächentechnik

Die Kombination aus verschleißfesten Hartmetallteilen und Oberflächentechnik trägt dem Bedarf der modernen Industrie nach effizienten und langlebigen Geräten Rechnung. Mit der Entwicklung intelligenter Fertigung, grüner Energie und dem Bergbau unter extremen Bedingungen erweitern sich die Anwendungsbereiche von Hartmetall kontinuierlich. Im Formenbau erfüllen Hartmetallteile beispielsweise durch geometrische Optimierung und Oberflächenverstärkung die Anforderungen an hochpräzises Stanzen und komplexe Umformungen. Im Bergbau führt die längere Lebensdauer verschleißfester Bohrer direkt zu geringeren Austauschhäufigkeiten und niedrigeren Betriebskosten. Fortschritte in der Oberflächentechnik, wie Nanobeschichtungen und mehrschichtige Verbundbeschichtungen, haben die Anwendung von Hartmetall in Hightech-Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt und der Medizintechnik weiter vorangetrieben. In Kombination mit digitaler Zwillings-Technologie und Echtzeitüberwachung ermöglicht die Oberflächentechnik zudem eine dynamische Leistungsoptimierung und Anpassung an unterschiedliche Arbeitsbedingungen.

verschiedene Aspekte wie verschleißfeste Teile, thermische Spritzanwendungen, Bergbau und Bohren sowie Oberflächenverstärkungstechnologie. Durch die eingehende Untersuchung von Materialeigenschaften, Verarbeitungstechnologie und Anwendungsszenarien soll theoretische Unterstützung und praktische Anleitung für verwandte Branchen bereitgestellt werden, insbesondere bei der Leistungsoptimierung und innovativen Anwendungen in Umgebungen mit hoher Belastung und hohem Verschleiß.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.1 Verschleißfeste Teile aus Hartmetall

Verschleißfeste Teile aus Hartmetall erreichen eine hohe Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und eine lange Lebensdauer ($> 10^6$ -fach $\pm 10^5$ -fach) durch optimiertes geometrisches Design (Krümmungsradius $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), Materialverhältnis (WC $> 90 \% \pm 1 \%$, Co $6 - 12 \% \pm 1 \%$) und Präzisionsverarbeitung (Sintertemperatur $1450 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$). Diese Teile erbringen eine gute Leistung in industriellen Umgebungen mit hohen Belastungen und häufiger Reibung. Ihre Leistung beruht auf der Balance zwischen der hohen Härte (HV $1600 - 2200 \pm 30$) und der entsprechenden Zähigkeit (Bruchzähigkeit $K_{IC} \approx 10 - 20 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) der Hartmetallmaterialien. Verschleißfeste Hartmetallteile werden in verschiedenen Bereichen eingesetzt, darunter Hartmetallmatrizen (zum Stanzen und Formen), Hartmetalldichtungen (zur Vermeidung von Flüssigkeitslecks) und Hartmetalldüsen (für präzises Einspritzen). Ihre Konstruktion muss sowohl Verschleißfestigkeit als auch Schlagfestigkeit berücksichtigen, um den Anforderungen unterschiedlicher Arbeitsbedingungen gerecht zu werden.

12.1.1 Konzept der Hartmetall-Verschleißteile

Verschleißfeste Teile aus Hartmetall sind Verbundwerkstoffe, die durch ein pulvermetallurgisches Verfahren gesintert werden und Wolframkarbid (WC) als hauptsächliche Hartphase und Kobalt (Co) als Bindephase enthalten. Der WC-Gehalt liegt üblicherweise über $90 \% \pm 1 \%$ und sorgt als hartes Skelett für eine hohe Härte, während der Co-Gehalt zwischen $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$ liegt und als Bindephase wirkt, um die Zähigkeit und Schlagfestigkeit zu verbessern. Das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit kann durch Anpassung des Verhältnisses erreicht werden. Der Sinterprozess wird bei einer hohen Temperatur von $1450 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ durchgeführt. Zum Schutz der Umgebung wird Vakuum oder Argon verwendet, wodurch sichergestellt wird, dass die Korngröße in einem Bereich von $0,5 - 2$ Mikrometern kontrolliert wird und dadurch eine hervorragende Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) erreicht wird. Diese niedrige Verschleißrate ermöglicht die Aufrechterhaltung der Dimensionsstabilität im Langzeitgebrauch. Beispielsweise hält die Form über eine Million Stanzvorgängen stand, während Dichtungen und Düsen eine geringe Leckagerate ($< 0,01 \text{ ml/min}$) und Durchflussabweichung ($< 1 \%$) aufweisen müssen. Das geometrisch optimierte Design mit Krümmungsradius ($> 0,5 \text{ mm}$) reduziert effektiv Spannungskonzentrationen und verlängert die Lebensdauer der Teile, während die Schlagfestigkeit (Schlagenergie $> 50 \text{ J}$) die Zuverlässigkeit unter dynamischer Belastung gewährleistet. Darüber hinaus können verschleißfeste Hartmetallteile durch die Zugabe von Spurenelementen (wie Tantalkarbid TaC oder Niobkarbid NbC) ihre Hochtemperaturbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit weiter verbessern, um sie an anspruchsvollere Industrieumgebungen anzupassen.

12.1.2 Eigenschaften von Hartmetall-Verschleißteilen

Die Merkmale verschleißfester Teile aus Hartmetall zeigen sich in ihrer einzigartigen Mikrostruktur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

und ihren physikalischen Eigenschaften. Dank der hohen Härte (HV 1600–2200 ± 30) sind die Teile widerstandsfähig gegen Oberflächenverschleiß und eignen sich besonders für die Bearbeitung von Materialien mit hoher Härte (wie gehärtetem Stahl HRC 50–60 oder Titanlegierung HRC 30–35). Die Bruchzähigkeit K_{Ic} 10–20 MPa·m^{1/2} ± 0,5 gewährleistet gleichzeitig die strukturelle Integrität der Teile bei Stoß- oder Vibrationsbedingungen. Zudem verfügt Hartmetall über eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit (Haltbarkeit > 1000 Stunden in sauren oder alkalischen Umgebungen) und hohe Temperaturstabilität (Betriebstemperatur kann 800 °C ± 50 °C erreichen), wodurch es sich hervorragend für die Bereiche Chemie, Energie und Metallurgie eignet. Die Wärmeleitfähigkeit (ca. 80 – 120 W/mK) hilft ebenfalls dabei, Wärme abzuleiten und thermische Schäden beim Schneiden oder Reiben zu verringern. Die Oberflächenrauheit (Ra 0,1–0,5 Mikrometer) nach dem Präzisionspolieren verbessert die Kontaktleistung und Lebensdauer der Teile zusätzlich. Zusammen bilden diese Eigenschaften den Wettbewerbsvorteil verschleißfester Hartmetallteile unter hochintensiven Arbeitsbedingungen.

12.1.3 Leistungsbilanz von Hartmetall-Verschleißteilen

Die Leistungsoptimierung verschleißfester Teile aus Hartmetall ist untrennbar mit der Abstimmung von Härte und Zähigkeit verbunden. Der Härtebereich HV 1600–2200 ± 30 bietet eine hervorragende Beständigkeit gegen Oberflächenverschleiß und eignet sich besonders für die Bearbeitung von Werkstücken mit hoher Härte (wie gehärtetem Stahl HRC 50–60). Gleichzeitig stellt die Bruchzähigkeit K_{Ic} 10–20 MPa·m^{1/2} ± 0,5 sicher, dass die Teile bei mechanischer Erschütterung oder thermischer Belastung nicht leicht reißen. Diese ausgewogenen Eigenschaften verleihen verschleißfesten Teilen aus Hartmetall eine gute Leistung in Anwendungen wie Formenbau, Abdichtung und Leckageschutz sowie Einspritzsteuerung. Beispielsweise muss die Form hochfrequenten Stößen (hunderte Male pro Minute) standhalten, die Dichtung korrosiven Medien (wie Schwefelsäure oder Salzwasser) standhalten und die Düse die Strömungsdynamik präzise steuern (Durchflussabweichung <1 %). Diese Anforderungen werden durch eine präzise Steuerung von Materialien und Prozessen erreicht. Darüber hinaus kann durch eine Wärmebehandlung (z. B. Niedrigtemperaturtempern 500 °C ± 20 °C) oder eine Oberflächenbeschichtung (z. B. TiN oder CrN) die Härte weiter verbessert (Erhöhung um 10–20 %) oder der Reibungskoeffizient gesenkt (<0,3) werden, wodurch die Leistung in bestimmten Anwendungsszenarien optimiert wird.

12.1.4 Anwendung von Hartmetall-Verschleißteilen

haben aufgrund ihrer hohen Härte (HV 1600–2500), ihrer hervorragenden Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,05 mm³/N·m) und Schlagzähigkeit (Schlagenergie >50 J) einen umfassenden und vielfältigen Anwendungswert im industriellen Bereich gezeigt. Im Folgenden werden ihre Anwendungen systematisch nach Anwendungsfeldern und Funktionslogik geordnet und optimiert, wobei die traditionelle Fertigung, aufstrebende Hightech-Industrien und Einsatzszenarien in speziellen Umgebungen abgedeckt werden.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(1) Metallverarbeitung und -umformung

Hartmetallform

Es wird häufig beim Metallstanzen, Kunststoffspritzgießen und in Pulvermetallurgieformen verwendet und weist eine hohe Verschleißfestigkeit und Dimensionsstabilität auf, mit einer typischen Lebensdauer von mehr als dem 10⁶-fachen. Insbesondere in der Automobilindustrie (z. B. Motorblöcke und Getriebeteile) und der Produktion elektronischer Komponenten (z. B. Handygehäuse und Leiterplattensteckverbinder) gewährleistet seine hohe Härte (HV 1600–2200) Genauigkeit und Haltbarkeit bei langfristiger Hochfrequenzbeanspruchung, insbesondere in der intelligenten Fertigung, um das Präzisionsformen komplexer Geometrien zu unterstützen.

Hartmetall-Schneidwerkzeuge

Es wird für Hochgeschwindigkeitszerspanungen (z. B. Drehen, Fräsen und Bohren) in der Metall- und Holzverarbeitung eingesetzt. Aufgrund seiner hohen Härte (HV 1800–2500) und seiner Beständigkeit gegen Hochtemperaturoxidation (Hitzebeständigkeit bis 900 °C) eignet es sich gut für die Luft- und Raumfahrt (z. B. für Titanlegierungsteile) und den Automobilbau (z. B. für Motorkurbelwellen). Die Schnittgeschwindigkeit kann 200–300 m/min und die Lebensdauer 200–300 Stunden erreichen.

Hartmetall-Strangpressmatrize

Für Aluminiumprofile und Kunststoffextrusionen mit einer Temperaturbeständigkeit von bis zu 600 °C, einer Härte von HV 1700–2100 und einer Maßgenauigkeit von $\pm 0,01$ mm wird es häufig in der Bauindustrie (z. B. Türen und Fenster aus Aluminiumlegierungen) und bei der Herstellung von Verpackungsmaterialien verwendet, um eine effiziente Formgebung und Oberflächenqualität sicherzustellen.

(2) Flüssigkeitskontrolle und Abdichtung

Hartmetalldichtungen

Wird in Pumpen, Ventilen und Kompressoren verwendet, um Flüssigkeits- oder Gaslecks mit einer Leckrate von $< 0,01$ ml/min zu verhindern. Seine hervorragende Korrosionsbeständigkeit und die geringen Reibungseigenschaften machen es zu einem hervorragenden Werkstoff für die petrochemische Industrie (z. B. Raffinerieanlagen und Rohrleitungssysteme) und die Wasseraufbereitungsindustrie (z. B. Abwasserpumpen und Filtersysteme), insbesondere bei sauren oder alkalischen Medien. Dadurch verlängert es den Wartungszyklus der Anlagen.

Ventilkern und Ventilsitz aus Hartmetall

Wird für Hochdruckventile in der Öl- und Gasindustrie sowie in Chemieanlagen verwendet. Mit einer Druckbeständigkeit von > 50 MPa, ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit (Beständigkeit gegen H₂S- und CO₂-Korrosion > 2000 Stunden) und einer Leckrate von $< 0,005$ ml/min wird eine zuverlässige Dichtungsleistung in extremen Umgebungen gewährleistet.

Hartmetalldüse

Beim Sandstrahlen, Sprühen und 3D-Drucken mit einer Durchflussabweichung von < 1 % bewährt es sich in der Luft- und Raumfahrt (z. B. bei Triebwerkskomponenten), der additiven Fertigung (z.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

B. hochpräziser 3D-Metalldruck), der Halbleiterfertigung (z. B. Anlagen zur chemischen Gasphasenabscheidung) und der Energieindustrie (z. B. bei Gasturbinendüsen). Seine hohe Verschleißfestigkeit und die präzise Flüssigkeitssteuerung verbessern die Produktionseffizienz und die Qualität der Endprodukte erheblich.

(3) Bergbau und abrasive Verarbeitung

Hartmetall-Bohrer für den Bergbau

Es zeichnet sich durch eine extrem lange Lebensdauer (> 100 Stunden) unter extremen Bedingungen wie im Tiefbau aus. Seine hohe Härte und Schlagfestigkeit ermöglichen effizientes Bohren. Es wird häufig in der Kohle-, Metallbergbau- und Ölförderungsindustrie eingesetzt und reduziert so die Austauschhäufigkeit und die Betriebskosten.

Hartmetall-Mahlkugeln und Mahlkörper

Wird für die Mineralverarbeitung, Keramikproduktion und das Schleifen von Beschichtungen verwendet. Mit einem Kugeldurchmesserbereich von 5–50 mm, einer Härte von HV 1600–2000 und einer Verschleißrate von <0,01 %/Stunde verbessert es die Schleifleistung und Produktgleichmäßigkeit erheblich, insbesondere bei der Vorbereitung von Lithiumbatteriematerialien und der Produktion hochwertiger Keramik.

(4) Getriebe und mechanische Teile

Hartmetallrollen

Beim Warm- und Kaltwalzprozess in der Stahlindustrie erreicht die verschleißfeste Schichtdicke 5–10 mm und die Härte HV 1500–2000. Dies gewährleistet die Oberflächenqualität des gewalzten Stahls (Ra <0,8 Mikrometer) und eine Lebensdauer von >5000 Tonnen gewalztem Stahl. Seine Stabilität unter hohen Belastungen (Druck >200 MPa) und hohen Temperaturen (600–1000 °C) macht es in schweren metallurgischen Anlagen unverzichtbar.

Hartmetallzahnräder und Getriebeteile

Es wird in Schwermaschinen, Windkraftanlagen und Schiffsantriebssystemen verwendet, hat eine Zahnoberflächenhärte von HV 1800–2200, eine Dauerfestigkeit von >1000 MPa, ist verschleiß- und geräuschreduzierend, weist eine gute Leistung bei hohen Drehmomenten (>500 Nm) auf und hat eine Lebensdauer von bis zu 10 Jahren.

Hartmetall-Lagerbuchsen

Es bietet geringen Verschleiß und hohe Tragfähigkeit in Schwermaschinen und Windkraftanlagen, verfügt über eine hervorragende Verschleißfestigkeit und Ermüdungsbeständigkeit und wird häufig in Umgebungen mit hohen Geschwindigkeiten (> 3000 U/min) und hohen Belastungen (> 10 kN) eingesetzt.

(5) Draht- und Präzisionsfertigung

Hartmetall-Drahtziehsteine

Bei der Herstellung von Metalldrähten und -kabeln mit einer Lochdurchmessertoleranz von $\pm 0,001$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm und einer Oberflächenrauheit von $R_a < 0,1$ Mikrometer eignet es sich zum Ziehen von Kupferdrähten, Stahldrähten und Glasfaservorformen mit einer Lebensdauer von $>10^4$ Ziehzyklen, insbesondere in der Elektronik- und Kommunikationsindustrie (wie etwa der 5G-Infrastruktur).

(6) Medizin- und Spezialindustrie

Komponenten für medizinische Geräte aus Hartmetall

Wie orthopädische chirurgische Sägeblätter und Zahnbohrer mit einem Durchmesser von 0,5–6 mm, einer Härte von HV 1800–2200, Biokompatibilität gemäß ISO 10993 und einer Lebensdauer von >50 Operationen. Im Jahr 2025 wird mit der Entwicklung der medizinischen Robotertechnologie deren Anwendung in der minimalinvasiven Chirurgie und der Implantatverarbeitung zunehmen.

(7) Neue Felder und Zukunftspotenziale

Mit dem Fortschritt der Industrietechnologie haben verschleißfeste Hartmetallteile breite Anwendungsmöglichkeiten in der Batterieproduktion für Elektrofahrzeuge (Verbesserung der Elektrodenmaterialverarbeitungsgenauigkeit), in Robotergelenkkomponenten (Verbesserung der Bewegungsbeständigkeit) und in der Verarbeitung von Weltraumforschungsgeräten (z. B. hochtemperaturbeständige Raumfahrzeugkomponenten) gefunden. Darüber hinaus sind ihre hohe Verschleißfestigkeit und Stabilität auch bei der Herstellung von Quantencomputern und Anlagen für erneuerbare Energien (z. B. Anlagen zur Wasserstoffproduktion) von entscheidender Bedeutung. In Kombination mit optimiertem Design durch künstliche Intelligenz und nachhaltiger Fertigungstechnologie werden sich ihre Anwendungsbereiche künftig noch erweitern.

Diese Anwendungen profitieren von der hervorragenden Leistung von Hartmetall und seine Leistung in verschiedenen industriellen Szenarien hat eine umfassende Umstellung von der traditionellen Fertigung auf Spitzentechnologie ermöglicht.

12.1.5 Technologische Entwicklung und Herausforderungen bei verschleißfesten Teilen aus Hartmetall

Mit der Diversifizierung der industriellen Anforderungen verbessert sich die Fertigungstechnologie für verschleißfeste Hartmetallteile kontinuierlich. Die Entwicklung von nanokörnigem Hartmetall und Verbundphasen (wie WC-TiC-Co) hat die Verschleißfestigkeit und Lebensdauer weiter verbessert. Eine Kornverfeinerung auf 100–300 Nanometer kann die Härte um 15–25 % erhöhen und die Lebensdauer um 20–30 % verlängern.

Darüber hinaus sind Verbundbeschichtungen (wie WC-Co-Cr) und Gradientenwerkstoffe (wie die allmähliche Veränderung der Oberflächenhärte) zu Forschungsschwerpunkten geworden. Die Herausforderung liegt jedoch im teuren Sinterprozess (Kosten ca. 200–500 US-Dollar pro Kilogramm) und den Anforderungen an die Verarbeitungsgenauigkeit komplexer Geometrien

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(Toleranz $\pm 0,005$ mm). Die Kombination aus additiver Fertigung (wie 3D-Druck, der komplexe Innenstrukturen realisieren kann) und intelligenter Überwachungstechnologie (wie Sensoren, die den Verschleißzustand in Echtzeit melden) soll zukünftig eine effizientere und individuellere Produktion verschleißfester Teile ermöglichen. Gleichzeitig wird die Entwicklung umweltfreundlicher Sinterverfahren (wie Sinteröfen mit niedrigem CO₂-Ausstoß) die nachhaltige Entwicklung der Branche fördern.

In diesem Abschnitt werden der strukturelle Aufbau, die Leistungsmerkmale und die technischen Anwendungen verschleißfester Teile aus Hartmetall aus drei Blickwinkeln detailliert erörtert: Formen, Dichtungen und Düsen aus Hartmetall sowie Optimierung der Geometrie und Spannungsverteilung.

1 2. 2 .1 Verschleißfeste Teile aus Hartmetall - Formen aus Hartmetall

(1) Grundlagen und technischer Überblick

zur Verschleißfestigkeit von Hartmetallformen Hartmetallformen werden hauptsächlich bei Umformungsprozessen mit hohen Belastungen verwendet, z. B. Stanzen, Drahtziehen und Kaltfließpressen. Sie müssen eine hohe Härte (HV 1800–2200 $\pm$ 30) und einen niedrigen Reibungskoeffizienten ($<0,3 \pm 0,05$) aufweisen, um Maßgenauigkeit und Oberflächengüte bei häufigem Gebrauch sicherzustellen. Diese Formen spielen eine Schlüsselrolle bei der Metallverarbeitung (z. B. Stanzen von Stahlplatten) und der Umformung von Nichtmetallen (z. B. Kunststoffspritzguss), und ihre Leistung wirkt sich direkt auf die Produktkonsistenz und Produktionseffizienz aus. Das Material basiert hauptsächlich auf dem WC-Co-System mit einem WC-Gehalt von $>90 \% \pm 1 \%$ als Hartgerüst und einem Co-Gehalt von $6-12 \% \pm 1 \%$ als Bindephase zur Anpassung der Zähigkeit. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ kontrolliert. Hohe Dichte und Mikrohomogenität werden durch das Spark-Plasma-Sintern (SPS)-Verfahren ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) erreicht. Die schnelle Erwärmung und der Druck der SPS-Technologie reduzieren effektiv Kornwachstum und Porendefekte und verbessern die Ermüdungsbeständigkeit des Materials.

(2) Anwendung

von Hartmetallformen Hartmetallformen haben in vielen Bereichen einen breiten Anwendungswert gezeigt:

Automobilbau

Beim Stanzen von Motorblöcken, Getriebezahnradern und Karosserieteilen beträgt die Lebensdauer der Form $>10^6$ mal $\pm 10^5$ mal und ermöglicht eine hochpräzise (Toleranz $\pm 0,01$ mm) und hocheffiziente Produktion, um die Nachfrage nach einer Jahresproduktion von einer Million Fahrzeugen zu decken.

Herstellung elektronischer Komponenten

Die Formhärte (HV 1800–2200) wird zur Herstellung von Handygehäusen, Leiterplattenverbindern und Chip-Anschlussrahmen verwendet und gewährleistet eine Langzeitstabilität mit Präzision im

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Mikrometerbereich. Sie eignet sich für die Massenproduktion von 5G-Geräten und intelligenten tragbaren Geräten.

Haushaltsgeräteindustrie

Wird zum Stanzen von Kühlschrankkompressorgehäusen und Waschmaschinentrommelteilen verwendet. Seine Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) ermöglicht Hochfrequenzstanzen ($> 500 \text{ Mal/Minute}$) und verbessert die Produktionseffizienz um $20 \% \pm 3 \%$.

Luft- und Raumfahrt

Wird zum Kaltfließpressen von Titan- und Aluminiumlegierungen verwendet, beispielsweise für Flugzeugflügelhäute und Triebwerksschaufeln. Die Formermüdungsbeständigkeit (Lebensdauer $> 8 \times 10^5$ -mal) erfüllt die Anforderungen der hochfesten Materialverarbeitung.

Medizinische Geräte

Wird zum Stanzen von orthopädischen Implantaten (z. B. Hüftprothesen) und Gehäusen chirurgischer Instrumente verwendet. Die Oberflächenrauheit $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ gewährleistet Biokompatibilität und Verarbeitungsgenauigkeit gemäß ISO 13485.

(3) Verschleißfestigkeitsmechanismus und Leistungsanalyse

von Hartmetallformen Die hervorragende Leistung der Formen beruht auf ihrer Mikrostruktur und Materialgestaltung. WC als harte Phase bietet eine hohe Härte ($\text{HV } 1800 \pm 30$), und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht eine hervorragende Verschleißfestigkeit; Co als metallische Bindungsphase ($6-12 \pm 1 \%$) absorbiert Energie durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzähigkeit erreicht $K_{IC} \approx 14 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Fähigkeit zur Beständigkeit gegen Risswachstum verbessert wird. Feine Körner ($0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessern Festigkeit und Verschleißfestigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung (Hall-Petch-Gleichung, $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erheblich, und die Verschleißrate wird auf $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ geregelt. Durch die Oberflächenpolitur ($R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) werden Reibung und Haftung durch Verringerung der Oberflächenrauheit verringert, und die nach dem archimedischen Prinzip gemessene Dichte ($14,8-15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$) spiegelt die hohe Dichte wider. Die SEM-Analyse zeigt, dass sich die YG8-Matrize gleichmäßig (Tiefe $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) ohne Mikrorisse abnutzt, und die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt, dass der Gitterübereinstimmungsgrad der WC- und Co-Phasen hoch ist. Leistungstests zeigen, dass die YG8-Matrize dank besserer Kornverfeinerung und Oberflächenbehandlung eine Stanzelebensdauer von $10^6 \pm 10^5$ aufweist, was besser ist als bei YG6 ($8 \times 10^5 \pm 10^5$).

(4) Analyse der Faktoren, die die Verschleißfestigkeit von Hartmetallformen beeinflussen

Co-Inhalt

$6 \%-12 \% \pm 1 \%$ optimieren die Zähigkeit und $<6 \% \pm 1 \%$ führen aufgrund einer unzureichenden Bindungsphase zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$.

Körnung

$0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ bietet die beste Verschleißfestigkeit, und $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate aufgrund der Verringerung der Korngrenzen um $10 \% \pm 2 \%$.

Oberflächenrauheit

$R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert den Reibungskoeffizienten um $10 \% \pm 2 \%$, und $>0,5 \mu\text{m} \pm 0,01$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm erhöht den Verschleiß um $15\% \pm 3\%$, was mit der Stribeck-Kurventheorie übereinstimmt. Beispielsweise steigt die Verschleißrate der YG6-Form (Korn $2\mu\text{m} \pm 0,01\mu\text{m}$) auf $0,06\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, was den Einfluss der Korngröße verdeutlicht.

(5) Die Optimierungsstrategie

für die Verschleißfestigkeit von Hartmetallformen besteht darin, eine Verschleißrate von $<0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ und eine Lebensdauer von $>10^6 \pm 10^5$ zu erreichen. Es wird empfohlen:

Materialoptimierung

Co $6\% - 12\% \pm 1\%$, Korngröße $0,5 - 1\mu\text{m} \pm 0,01\mu\text{m}$, TaC ($<1\%$) wird hinzugefügt, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern.

Prozessoptimierung

Die Porosität nach SPS ($1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$) und heißisostatischem Pressen (HIP, 150 MPa) beträgt $<0,1\% \pm 0,01\%$.

Oberflächenoptimierung

Diamantpolitur auf $R_a < 0,1\mu\text{m} \pm 0,01\mu\text{m}$, TiN-Beschichtung (Dicke $2\mu\text{m}$) zur Reibungsreduzierung.

Testspezifikationen

ASTM G65 (Verschleiß), ASTM E92 (Härte).

Nach Überprüfung und Optimierung beträgt die Verschleißrate der YG8-Form (Korn $0,5\mu\text{m} \pm 0,01\mu\text{m}$, $R_a\ 0,1\mu\text{m} \pm 0,01\mu\text{m}$) $0,04\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ und die Lebensdauer $10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, was den Standards der Automobilindustrie entspricht.

1 2. 2 . 2 Verschleißfeste Teile aus Hartlegierungen - Dichtungen aus Hartlegierungen

(1) Grundlagen und technischer Überblick zu Hartmetалldichtungen

Hartmetалldichtungen werden häufig in Gleitringdichtungen (z. B. Pumpen und Ventilen) verwendet und müssen eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $<0,01\text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001\text{ mm}/\text{Jahr}$) und eine niedrige Leckagerate ($<0,01\text{ ml}/\text{min}$) aufweisen, um mit korrosiven Flüssigkeiten (z. B. H_2SO_4 - und NaCl -Lösungen) in der Petrochemie und Wasseraufbereitung klarzukommen. Das Material basiert auf WC-Co (Co $6 - 12\% \pm 1\%$), wobei Cr_3C_2 ($2 - 5\% \pm 0,5\%$) hinzugefügt wird, um eine Cr_2O_3 -Schutzschicht mit einer Korngröße von $0,5 - 2\mu\text{m} \pm 0,01\mu\text{m}$ zu bilden. Hohe Dichte und Korrosionsbeständigkeit werden durch SPS-Sintern ($1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$) erreicht. Die selbstheilenden Eigenschaften der Cr_2O_3 -Schicht basieren auf dem Pascalschen Gesetz, das die Stabilität der Dichtung in Hochdruckumgebungen erhöht.

(2) Anwendung

von Hartmetалldichtungen Hartmetалldichtungen funktionieren unter einer Vielzahl von harten Arbeitsbedingungen gut:

Petrochemie

Wird für Hochdruckpumpendichtungen in Ölraffinerien und Rohrleitungssystemen verwendet. Die Druckbeständigkeit liegt bei $>50\text{ MPa}$ und die Korrosionsrate bei $<0,01\text{ mm}/\text{Jahr}$. Es eignet sich für Medien mit Schwefelwasserstoff (H_2S) und verlängert den Wartungszyklus der Anlage auf >5000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Stunden.

Wasseraufbereitungsindustrie

Die Dichtungen werden in Abwasseraufbereitungspumpen und Meerwasserentsalzungsanlagen eingesetzt, sind beständig gegen Chloridionenkorrosion (beständig gegen NaCl-Lösung > 2000 Stunden) und weisen eine Leckrate von <0,01 ml/min auf, wodurch der Betrieb effizienter Wasserzirkulationssysteme unterstützt wird.

Energiewirtschaft

Bei der Anwendung in Kühlwasserpumpen und Gasturbinenschmiersystemen in Kernkraftwerken weist es eine Temperaturbeständigkeit von $300\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, eine Korrosionsbeständigkeit gemäß den IAEA-Sicherheitsstandards und eine Leckrate von nur $0,005\text{ ml/min} \pm 0,001\text{ ml/min}$ auf.

Pharmaindustrie

Die in Autoklaven und chemischen Reaktoren verwendeten Dichtungen sind beständig gegenüber sauren Reinigungsmitteln (pH 2–12), gewährleisten eine sterile Produktionsumgebung und erfüllen die GMP-Zertifizierungsanforderungen.

Schiffstechnik

Es wird in Meerwasserpumpen und Antriebssystemen verwendet, ist beständig gegen Salzsprühkorrosion (> 3000 Stunden) und unterstützt den Langzeitbetrieb von Tiefseeegeräten (wie ROV) in Hochdruckumgebungen (> 30 MPa).

(3) Verschleißwiderstandsmechanismus und Leistungsanalyse von Hartmetalldichtungen

WC ($>90\% \pm 1\%$) sorgt für die Grundhärte ($\text{HV } 1700 \pm 30$), Co ($6\text{--}12\% \pm 1\%$) erhöht die Zähigkeit ($K_{1c} \text{ } 14\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und Cr_3C_2 ($2\text{--}5\% \pm 0,5\%$) erzeugt durch Hochtemperaturoxidation eine Cr_2O_3 -Schicht mit einer Dicke von $<0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$, was die Korrosionsbeständigkeit deutlich verbessert. Der Passivierungsmechanismus folgt der Nernst-Gleichung. Die SEM-Analyse zeigt, dass auf der Oberfläche der Dichtung kein Lochfraß vorhanden ist (Abweichung $<0,1\% \pm 0,02\%$), und die energiedispersive Spektroskopie (EDS) bestätigt die gleichmäßige Verteilung von Cr_2O_3 . Leistungstests zeigen, dass die optimierte Formelldichtung eine um $20\% \pm 3\%$ verlängerte Lebensdauer in einer 5 %igen H_2SO_4 -Lösung aufweist und die Leckrate bei $0,008\text{ ml/min} \pm 0,001\text{ ml/min}$ stabilisiert ist.

(4) Analyse der Faktoren, die die Verschleißfestigkeit von Hartmetalldichtungen beeinflussen

Co-Inhalt

$6\text{--}12\% \pm 1\%$ gleicht Härte und Zähigkeit aus, $<6\% \pm 1\%$ erhöht die Rissrate aufgrund unzureichender Bindungsphase um $10\% \pm 2\%$.

Cr_3C_2 -Gehalt

$2\text{--}5\% \pm 0,5\%$ verbessern die Korrosionsbeständigkeit um $20\% \pm 3\%$, $>10\% \pm 0,5\%$ reduzieren

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

die Härte aufgrund übermäßiger Phasenausscheidung um $10\% \pm 2\%$.

Körnung

$0,5-1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ verringert den Verschleiß, $>2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß um $10\% \pm 2\%$. Beispielsweise erhöht sich die Korrosionsrate von Dichtungen mit niedrigem Cr_3C_2 -Gehalt ($< 2\% \pm 0,5\%$) auf $0,015\ \text{mm/Jahr} \pm 0,001\ \text{mm/Jahr}$.

(5) Optimierungsstrategie für die Verschleißfestigkeit von Hartmetalldichtungen

Um eine Korrosionsrate von $<0,01\ \text{mm/Jahr} \pm 0,001\ \text{mm/Jahr}$ und eine Leckrate von $<0,01\ \text{ml/min}$ zu erreichen, wird Folgendes empfohlen:

Materialoptimierung

$\text{Co } 6-12\% \pm 1\%$, $\text{Cr}_3\text{C}_2\ 2-5\% \pm 0,5\%$, Korngröße $0,5-1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$.

Prozessoptimierung

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

Oberflächenoptimierung

Elektrolytisches Polieren auf $\text{Ra} < 0,1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$.

1 2. 2. 3 Verschleißfeste Teile aus Hartlegierung - Düse aus Hartlegierung

(1) Grundlagen der Hartmetall-Verschleißteile - Hartmetалldüsen

Injektion, erfordert Erosionsbeständigkeit (Erosionsrate $<0,05\ \text{mm}^3/\text{g} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{g}$) und eine präzise Blendenöffnung ($0,5-2\ \text{mm} \pm 0,01\ \text{mm}$), um eine gleichmäßige Injektion von Flüssigkeit oder Partikeln zu gewährleisten. Das Material besteht hauptsächlich aus WC-Co ($\text{Co } 6-12\% \pm 1\%$) mit einer Korngröße von $0,5-2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ und wird durch SPS-Sintern ($1400\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$, $50\ \text{MPa} \pm 1\ \text{MPa}$) hergestellt, um die Erosionsbeständigkeit zu optimieren. Das Blendendesign basiert auf dem Bernoulli-Prinzip, um die fluiddynamische Stabilität zu gewährleisten, und wird häufig in der Luft- und Raumfahrt sowie der additiven Fertigung eingesetzt.

(2) Anwendung

von verschleißfesten Hartmetалldüsen

Hartmetалldüsen eignen sich für eine Vielzahl hochpräziser Strahlanwendungen:

Luft- und Raumfahrt

Wird für das Sandstrahlen von Kraftstoffdüsen und Oberflächen von Strahltriebwerken verwendet, mit einer Öffnungsgenauigkeit von $\pm 0,01\ \text{mm}$ und einer Erosionsrate von $<0,05\ \text{mm}^3/\text{g}$, wodurch eine gleichmäßige Kraftstoffzerstäubung (Partikeldurchmesser $<50\ \mu\text{m}$) gewährleistet wird und die Verbrennungseffizienz um $10\% \pm 2\%$ verbessert wird.

Additive Fertigung

Wird für hochpräzise 3D-Druckdüsen aus Metall (wie etwa SLM-Geräte) verwendet, mit einer Durchflussabweichung von $<1\%$, unterstützt den Druck von Titanlegierungen und Nickelbasislegierungen und einer Endproduktgenauigkeit von $\pm 0,02\ \text{mm}$, wodurch die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anforderungen von Raumfahrzeugkomponenten erfüllt werden.

Halbleiterfertigung

Gasdüsen für Anlagen zur chemischen Gasphasenabscheidung (CVD), Erosions- und Korrosionsbeständigkeit (HF-Gasbeständigkeit > 1000 Stunden) unterstützen eine hohe Gleichmäßigkeit bei der Waferproduktion (Filmdickenabweichung < 1 %).

Energiewirtschaft

Wird zum Aufsprühen auf Gasturbinendüsen und Windturbinenblätter verwendet. Seine hohe Temperaturbeständigkeit (> 800 °C) und Erosionsbeständigkeit verlängern die Lebensdauer der Ausrüstung auf > 3000 Stunden gemäß IEC 61400.

Autolackierung

Wird zum Lackieren von Autokarosserieteilen und zur Vorbehandlung galvanischer Beschichtungen verwendet. Die Düsenströmungsstabilität (Abweichung < 1 %) gewährleistet eine gleichmäßige Beschichtungsdicke ($\pm 5 \mu\text{m}$), wodurch die Ästhetik und Haltbarkeit des Produkts verbessert wird.

Landmaschinen

Wird zum Versprühen von Pestiziden und zum Einspritzen von Düngemitteln verwendet. Die Erosionsbeständigkeit (Erosionsrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g}$) ermöglicht eine Injektion mit hohem Durchfluss ($> 5 \text{ l/min}$) und die Abdeckungsfläche wird um $15 \% \pm 3 \%$ erhöht, wodurch die Effizienz der landwirtschaftlichen Produktion verbessert wird.

(3) Verschleißwiderstandsmechanismus und Leistungsanalyse von Hartmetалldüsen

WC ($> 90 \% \pm 1 \%$) bietet eine hohe Härte ($\text{HV } 1800 \pm 30$), Co ($6 \% - 12 \% \pm 1 \%$) verbessert die Zähigkeit ($K_{\text{IC}} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und eine optimierte Öffnung ($0,5 - 2 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) verringert die Erosionskonzentration durch Strömungsmechaniksimulation. SEM zeigt, dass die YG8-Düse gleichmäßig erodiert ist (Tiefe $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) ohne Abblättern, und XRD bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass die Erosionsrate der Düse mit optimierter Öffnung auf $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ reduziert ist und die Strömungsstabilität besser ist als die der nicht optimierten Düse (Abweichung $< 1 \%$), was den hohen Präzisionsanforderungen der Sprühindustrie entspricht.

(4) Analyse der Faktoren, die die Verschleißfestigkeit von Hartmetалldüsen beeinflussen

Co-Inhalt

$6 \% - 12 \% \pm 1 \%$ verbessern die Zähigkeit, $< 6 \% \pm 1 \%$ erhöhen die Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$.

Körnung

$0,5 - 1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert die Erosion, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Erosion um $15 \% \pm 3 \%$.

Öffnung

bei $0,5 - 2 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ und steigt aufgrund des Turbulenzeffekts um $15 \% \pm 3 \%$ bei $> 5 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$. Beispielsweise steigt die Erosionsrate einer Düse mit einer Öffnung von $5 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ auf $0,07 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$.

(5) Die Optimierungsstrategie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

für Hartmetalldüsen besteht darin, eine Erosionsrate von $<0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ und eine Durchflussabweichung von $<1 \%$ zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:

Materialoptimierung

Co 6 %–12 % $\pm 1 \%$, Korngröße $0,5\text{--}1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, VC ($< 1 \%$) wird zur Verbesserung der Erosionsbeständigkeit hinzugefügt.

Prozessoptimierung

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

Oberflächenoptimierung

Öffnung: $0,5\text{--}2 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, poliert auf $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Nach der Optimierung beträgt die Erosionsrate der YG8-Düse $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ und die Durchflussabweichung $<1 \%$.

1 2. 2 . 4 Verschleißfeste Teile aus Hartlegierungen - Verschleißfester Ventileinsatz und Ventilsitz aus Hartlegierungen

(1) Verschleißfeste Teile aus Hartlegierungen - Grundprinzipschnologie für Ventilkern und Ventilsitze aus Hartlegierungen

Hartmetall-Ventilkern und -Ventilsitze werden hauptsächlich in Hochdruckventilen (wie Drosselventilen und Absperrventilen in der Öl-, Gas- und Chemieindustrie) verwendet. Diese Ventile erfordern eine hohe Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $<0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$), Erosionsbeständigkeit (Erosionsrate $<0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$) und geringe Leckage ($<0,005 \text{ ml/min} \pm 0,001 \text{ ml/min}$), um die Dichtleistung und Durchflussgenauigkeit in extremen Umgebungen zu gewährleisten. Das Material basiert auf dem WC-Co-System (Co 6–12 % $\pm 1 \%$), wobei Cr_3C_2 (2–5 % $\pm 0,5 \%$) hinzugefügt wird, um eine Cr_2O_3 -Schutzschicht zu bilden. Die Korngröße liegt bei $0,5\text{--}2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ und wird im Spark-Plasma-Sinter-Verfahren (SPS) ($1400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) hergestellt, um eine hohe Dichte sowie hervorragende Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit zu erreichen. Die geometrische Gestaltung des Ventilkerns und des Ventilsitzes (z. B. sphärische oder konische Kontaktfläche) basiert auf strömungsmechanischer Optimierung, um sicherzustellen, dass bei hohen Druckunterschieden ($> 50 \text{ MPa}$) eine stabile Dichtwirkung aufrechterhalten werden kann.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse des verschleißfesten Ventilkerns und Ventilsitzes aus Hartlegierung

WC ($>90 \% \pm 1 \%$) sorgt für hohe Härte ($\text{HV } 1750 \pm 30$), Co (6–12 % $\pm 1 \%$) erhöht die Zähigkeit ($K_{1c} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), Cr_3C_2 (2–5 % $\pm 0,5 \%$) erzeugt durch Hochtemperaturoxidation eine Cr_2O_3 -Schutzschicht mit einer Dicke von $<0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, die die Korrosionsbeständigkeit deutlich verbessert. Der Passivierungsmechanismus folgt der Nernst-Gleichung. Feine Körner ($0,5\text{--}1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessern die Festigkeit und verringern die Erosionsrate ($<0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$) durch die Hall-Petch-Gleichung (Hall-Petch-Gleichung, $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). Die Kontaktfläche von Ventilkern und Ventilsitz ist poliert ($R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), um Reibung und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verschleiß zu verringern. Die SEM-Analyse zeigt, dass die Erosionstiefe des YG8-Ventilkerns $<0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ beträgt und keine Lochfraßbildung auf der Oberfläche vorliegt (Abweichung $<0,1 \% \pm 0,02 \%$). Die energiedispersive Spektroskopie (EDS) bestätigt, dass Cr_2O_3 gleichmäßig verteilt ist, und die XRD-Analyse zeigt eine hohe Kristallinität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass die Erosionsrate des optimierten Ventilkerns und Ventilsitzes in sandhaltigen Flüssigkeiten (Flussgeschwindigkeit $> 10 \text{ m/s}$) nur $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ beträgt und die Leckrate stabil bei $0,004 \text{ ml/min} \pm 0,001 \text{ ml/min}$ liegt.

(3) Analyse der Faktoren, die die Leistung des verschleißfesten Ventilkerns und Ventilsitzes aus Hartmetall beeinflussen

Co-Gehalt: $6 \% - 12 \% \pm 1 \%$ gleicht Härte und Zähigkeit aus, $<6 \% \pm 1 \%$ erhöht die Rissrate aufgrund unzureichender Bindungsphase um $10 \% \pm 2 \%$.

Cr_3C_2 -Gehalt: $2-5 \% \pm 0,5 \%$ verbessern die Korrosionsbeständigkeit um $20 \% \pm 3 \%$, $>10 \% \pm 0,5 \%$ verringern die Härte aufgrund übermäßiger Phasenausscheidung um $10 \% \pm 2 \%$.

Korngröße: $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert Erosion und Verschleiß, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Erosion um $15 \% \pm 3 \%$.

Oberflächenrauheit: $\text{Ra} < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ reduziert die Leckagerate um $10 \% \pm 2 \%$, $>0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Leckage um $15 \% \pm 3 \%$ aufgrund der verringerten Abdichtung der Kontaktfläche.

Beispielsweise erhöht sich die Korrosionsrate eines Ventilkerns ohne Cr_3C_2 -Zusatz auf $0,02 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$ und die Erosionsrate auf $0,07 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$.

(4) Anwendung eines verschleißfesten Ventilkerns und Ventilsitzes aus Hartlegierung

Hartmetall-Ventilkerns und -Ventilsitze werden häufig unter unterschiedlichsten harten Arbeitsbedingungen eingesetzt:

Öl und Gas

Wird für Ventile zur Tiefbohrung und Hochdruck-Gaspipelines verwendet, mit einer Druckbeständigkeit von $>50 \text{ MPa}$, Beständigkeit gegen H_2S - und CO_2 -Korrosion (>2000 Stunden) und einer Leckrate von $<0,005 \text{ ml/min}$, wodurch der zuverlässige Betrieb von Tiefsee-Öl- und Gasförderanlagen (wie FPSO) unterstützt wird.

Chemische Ausrüstung

Das Ventilsystem wird in Reaktoren mit sauren Medien (wie Schwefelsäure und Salzsäure) eingesetzt. Seine Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr}$) gewährleistet einen langfristig leckagefreien Betrieb und entspricht den Standards ASME B16.34.

Energiewirtschaft

Wird für Kesselspeiseventile in Wärmekraftwerken und Hochdruckventile in Kernkraftwerken verwendet. Die Temperaturbeständigkeit erreicht $400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ und die Erosionsbeständigkeit (Erosionsrate $<0,05 \text{ mm}^3/\text{g}$) unterstützt die präzise Steuerung des Hochtemperatur- und Hochdruckdampfstroms.

Luft- und Raumfahrt

Die Erosionsbeständigkeit des Ventilkerns (Erosionsrate $<0,04 \text{ mm}^3/\text{g}$) wird in Treibstoffventilen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

von Raketentriebwerken verwendet und gewährleistet die Stabilität der Einspritzung von flüssigem Treibstoff (wie flüssigem Sauerstoff und flüssigem Wasserstoff) und erfüllt die Sicherheitsstandards der NASA.

Pharmaindustrie

Wird für Hochdruck-Spritzenpumpenventile verwendet. Korrosionsbeständigkeit und geringe Leckrate ($<0,005 \text{ ml/min}$) gewährleisten, dass es bei der Arzneimittelproduktion zu keiner Kontamination kommt und erfüllen die FDA-Zertifizierungsanforderungen.

1 2. 2 . 5 Verschleißfeste Teile aus Hartlegierungen - Verschleißfeste Bohrkronen aus Hartlegierungen

(1) Grundlegendes technisches Prinzip

verschleißfester Bergbaubohrer aus Hartmetall Bergbaubohrer aus Hartmetall werden hauptsächlich im Tiefbau (wie Kohle-, Metallbergbau und Ölbohrungen) eingesetzt und erfordern eine hohe Härte ($\text{HV } 1800\text{--}2200 \pm 30$), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und Schlagfestigkeit (Schlagenergie $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$), um mit harter Gesteinsformation und komplexen geologischen Bedingungen fertig zu werden. Das Material besteht hauptsächlich aus einem WC-Co-System (Co $6\text{--}12 \% \pm 1 \%$) mit einem WC-Gehalt von $> 90 \% \pm 1 \%$ zur Bereitstellung eines harten Skeletts und die Korngröße wird auf $0,5\text{--}2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ kontrolliert. Die Herstellung erfolgt im Spark-Plasma-Sinter-Verfahren (SPS) ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$), um hohe Dichte und Ermüdungsbeständigkeit zu gewährleisten. Das Bohrerdesign kombiniert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung. Der Schneidkopfwinkel (üblicherweise $120^\circ \pm 5^\circ$) und die spiralförmige Nutstruktur verbessern die Bohrleistung und die Schlackenentfernung und machen den Bohrer für hochintensive Bohrarbeiten in ultratiefen Bohrungen ($> 5000 \text{ m}$) geeignet.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse

von verschleißfesten Bergbaubohrern aus Hartmetall. WC ($>90 \% \pm 1 \%$) bietet eine hohe Härte ($\text{HV } 1800\text{--}2200 \pm 30$), und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit; Co ($6\text{--}12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase absorbiert Aufprallenergie durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzähigkeit erreicht $K_{\text{IC}} \approx 14 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegen Risswachstum verbessert wird. Feine Körner ($0,5\text{--}1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessern Festigkeit und Verschleißbeständigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung (Hall-Petch-Gleichung, $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), und die Verschleißrate wird auf $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ geregelt. Die Wärmebehandlung der Bohroberfläche (Dicke der Härteschicht $<0,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$) verbessert die Hochtemperaturbeständigkeit ($>600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Die SEM-Analyse zeigt, dass die Verschleißtiefe des YG8-Bohrers $<0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ beträgt und die Klinge keine offensichtlichen Risse aufweist. Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass der optimierte Bohrer eine Bohrlebensdauer von mehr als $100 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$ in Granit (Mohshärte 7), eine Bohrgeschwindigkeit von $10\text{--}15 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$ und eine Schlagfestigkeit aufweist, die einer momentanen Belastung von $5000 \text{ J} \pm 500 \text{ J}$ standhält.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(3) Analyse der Faktoren, die die Leistung von verschleißfesten Bergbaubohrern aus Hartmetall beeinflussen

Co-Inhalt

6 %–12 % $\pm$ 1 % optimieren die Zähigkeit und Schlagfestigkeit, <6 % $\pm$ 1 % erhöhen die Rissrate aufgrund unzureichender Bindungsphase um 10 % $\pm$ 2 %.

Körnung

0,5–1 μm $\pm$ 0,01 μm verringern den Verschleiß und die Kantenabsplitterung, >2 μm $\pm$ 0,01 μm erhöht den Verschleiß um 15 % $\pm$ 3 % aufgrund der Verringerung der Korn Grenzen.

Oberflächenhärtende Schicht

Eine Dicke von <0,5 mm $\pm$ 0,1 mm verbessert die Verschleißfestigkeit, während eine Dicke von >1 mm $\pm$ 0,1 mm die Zähigkeit um 10 % $\pm$ 2 % reduziert, was zu einem erhöhten Absplitterungsrisiko führt.

Klingenwinkel

120° $\pm$ 5° optimiert die Schneidleistung, >130° $\pm$ 5° reduziert die Bohrgeschwindigkeit aufgrund der vergrößerten Kontaktfläche um 10 % $\pm$ 2 %.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate eines Bohrers mit einer Korngröße von 2 μm $\pm$ 0,01 μm auf 0,07 mm³/N·m $\pm$ 0,01 mm³/N·m, und die Lebensdauer verkürzt sich auf 80 Stunden $\pm$ 10 Stunden.

(4) Hauptanwendungen von verschleißfesten Bergbaubohrern aus Hartmetall

Hartmetall-Bohrer für den Bergbau eignen sich hervorragend für eine Vielzahl von Bergbauszenarien:

Kohlebergbau

Wird für Tiefbohrungen in Kohlebergwerken verwendet. Die Verschleißfestigkeit ermöglicht Dauerbohrungen über 100 Stunden, die Bohrgeschwindigkeit beträgt 10–15 m/h und die Austauschhäufigkeit wird um 20 % $\pm$ 3 % reduziert. Es eignet sich für Steinkohleflöze in Nordchina.

Metallbergbau

Wird für Tiefbohrungen in Kupfer- und Eisenerzen verwendet, Schlagfestigkeit (> 50 J) für Granit und Basalt, Lebensdauer > 120 Stunden, Unterstützung großer Tagebaue in Chile und Australien.

Ölbohrungen

Beim Einsatz auf Offshore-Bohrplattformen gewährleistet seine Korrosionsbeständigkeit (Seewasserbeständigkeit > 2000 Stunden) die effiziente Bohrung von Öl- und Gasquellen in der Tiefsee (> 3000 m) und erfüllt die Standards der API Spec 7-1.

Geologische Erkundung

Wird für Kernbohrungen in Hartgestein (z. B. Quarzit) verwendet. Die Bohrer genauigkeit (Bohrungsabweichung <0,1 mm) ermöglicht eine präzise Probenentnahme und wird häufig in der geologischen Forschung eingesetzt.

Tunnelbau

Beim Einsatz im U-Bahn- und Hochgeschwindigkeitstunnelbau unterstützt seine Schlagfestigkeit und Verschleißfestigkeit den Abbau von hartem Gestein (> 8 Mohs) und die Bohrlänge pro Schicht

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

wird um 15 % ± 2 % erhöht.

1 2. 2 . 6 Verschleißfeste Teile aus Hartmetall - Mahlkugeln und Mahlkörper aus Hartmetall

(1) Technische Grundlagen

von Hartmetall-Mahlkugeln und Mahlkörpern

Mahlkugeln und Mahlkörper aus Hartmetall werden hauptsächlich in Geräten zur Verarbeitung ultrafeiner Pulver verwendet, beispielsweise in Kugelmøhlen, Schwingmøhlen und Røhrwerksmøhlen. Sie møssen eine hohe Hårte (HV 1800–2200 ± 30), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) und Ermødungsbeståndigkeit (Lebensdauer > 10⁶-fach ± 10⁵-fach) aufweisen, um an Mahlumgebungen mit hoher Energie und Langzeitbetrieb angepasst zu sein. Das Material besteht hauptsåchlich aus einem WC-Co-System (Co 6–12 % ± 1 %) mit einem WC-Gehalt von > 90 % ± 1 % als hartes Skelett und einer kontrollierten KorngrøÙe von 0,5–2 µm ± 0,01 µm. Es wird im Funkenplasmasinterverfahren (SPS) (1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa) hergestellt, um eine hohe Dichte und gleichmårige Mikrostruktur sicherzustellen. Die Form der Mahlkugeln (normalerweise kugelførmig oder zylindrisch, mit einem Durchmesser von 5–20 mm ± 0,1 mm) und die Oberflåchengestaltung des Mahlmediums werden auf der Grundlage der Reibungsmechanik optimiert, um die Mahlleistung und Materialdispersion zu verbessern und eignen sich før die Mineralverarbeitung, Keramikproduktion und Nanomaterialaufbereitung.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse

von Hartmetall-Mahlkugeln und Mahlkøpern

WC (>90 % ± 1 %) bietet eine hohe Hårte (HV 1800–2200 ± 30), und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeståndigkeit; Co (6–12 % ± 1 %) als Bindephase absorbiert Stoß- und Ermødungsspannungen durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzåhigkeit erreicht $K_{IC} \approx 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Widerstandsfåhigkeit gegen Risswachstum verbessert wird. Feine Kørner (0,5–1 µm ± 0,01 µm) verbessern Festigkeit und Verschleißbeståndigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), und die Verschleißrate wird auf <0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m kontrolliert. Durch die Oberflåchenpolitur (Ra < 0,1 µm ± 0,01 µm) werden Adhåsion und abrasiver Verschleiß verringert, und die nach dem archimedischen Prinzip gemessene Dichte (14,8–15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) spiegelt die hohe Kompaktheit wider. Die SEM-Analyse zeigt, dass sich die YG8-Mahlkugel gleichmårig abnutzt (Tiefe < 0,05 mm ± 0,01 mm), ohne dass ein sichtbares Abblåttern auftritt, und die Røntgenbeugung (XRD) beståtigt die hohe Gitteranpassung der WC- und Co-Phasen. Leistungstests zeigen, dass die optimierte Mahlkugel beim Mahlen von Quarzsand (Mohshårte 7) eine Lebensdauer von mehr als dem 10⁶-fachen ± 10⁵-fachen aufweist, die Mahlleistung um 15 % ± 2 % verbessert ist und die PartikelgrøÙe den Submikronbereich erreichen kann (<

(3) Analyse der Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Mahlkugeln und Mahlkøpern beeinflussen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Co-Inhalt

6 %–12 % $\pm$ 1 % optimieren die Zähigkeit und Ermüdungsbeständigkeit, <6 % $\pm$ 1 % erhöhen die Rissrate aufgrund unzureichender Bindungsphase um 10 % $\pm$ 2 %.

Körnung

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringern den Verschleiß und das Abplatzen, >2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöhen den Verschleiß um 15 % $\pm$ 3 % aufgrund der Verringerung der Korngrenzen.

Oberflächenrauheit

Ra<0,1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert den abrasiven Verschleiß um 10 % $\pm$ 2 %, und >0,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß aufgrund der erhöhten Oberflächenhaftung um 20 % $\pm$ 3 %.

Durchmesserkonsistenz

5–20 mm $\pm 0,1 \text{ mm}$ gewährleisten eine gleichmäßige Mahlung, und Abweichungen > 0,5 mm $\pm 0,1 \text{ mm}$ verringern die Effizienz aufgrund der ungleichmäßigen Materialverteilung um 10 % $\pm$ 2 %.
Beispielsweise

erhöht sich die Verschleißrate von Mahlkugeln mit einer Korngröße von 2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ auf 0,06 mm³/N·m $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, und die Lebensdauer verkürzt sich auf 8×10^5 -mal $\pm 10^5$ -mal.

(4) Anwendung

von Hartmetall-Mahlkugeln und Mahlkörpern

Hartmetall-Mahlkugeln und -Mahlkörper eignen sich hervorragend für eine Vielzahl hochpräziser Schleifanwendungen:

Mineralverarbeitung

Wird zum Feinmahlen von Kupfer- und Golderzen verwendet. Die Verschleißfestigkeit ermöglicht einen Dauerbetrieb von >1000 Stunden und die Mahlleistung wird um 20 % $\pm$ 3 % verbessert.

Keramikproduktion

Bei der Mahlung von Aluminiumoxid- und Zirkonoxidkeramikpulver unterstützt die Partikelgleichmäßigkeit (<1 μm) die Herstellung hochwertiger Keramikfliesen und elektronischer Substrate gemäß ISO 9001-Standards.

Nanomaterialaufbereitung

Wird zum Kugelmahlen von Kohlenstoffnanoröhren und Metalloxid-Nanopulvern verwendet. Seine Ermüdungsbeständigkeit (> 10⁶-fach) gewährleistet langfristiges Mahlen mit hoher Energie. Es wird häufig in der Forschung und Entwicklung von Batteriematerialien eingesetzt.

Farben und Pigmente

Wird zur ultrafeinen Dispersion von Titandioxid und organischen Pigmenten verwendet. Die Korrosionsbeständigkeit des Mahlkörpers (Säure- und Laugenbeständigkeit > 2000 Stunden) unterstützt die Herstellung chemischer Beschichtungen und verbessert den Glanz des Produkts um 10 % $\pm$ 2 %.

Pharmaindustrie

Wird zur Mikronisierung pharmazeutischer Wirkstoffe verwendet. Die geringe Verschmutzung der Mahlkörper (keine Schwermetallfällung) entspricht den GMP-Anforderungen und unterstützt eine effiziente Arzneimittelherstellung.

1 2. 2 . 7 Verschleißfeste Teile aus Hartmetall - Walzen aus Hartmetall

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(1) Grundlagen und technischer Überblick über verschleißfeste Hartmetallwalzen

Hartmetallwalzen werden hauptsächlich zum Metallwalzen (z. B. Kalt- und Warmwalzen von Stahl-, Aluminium- und Kupferplatten) verwendet und erfordern eine hohe Härte ($HV\ 1800-2200 \pm 30$), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05\ mm^3/N \cdot m \pm 0,01\ mm^3/N \cdot m$) und Wärmeermüdungsbeständigkeit (Zykluslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$), um den harten Bedingungen bei hohen Temperaturen ($> 800\ ^\circ C \pm 10\ ^\circ C$), hohem Druck ($> 200\ MPa$) und Dauerbetrieb standzuhalten. Das Material basiert hauptsächlich auf dem WC-Co-System (Co $6-12\ \% \pm 1\ \%$) mit einem WC-Gehalt von $> 90\ \% \pm 1\ \%$ als hartes Skelett und die Korngröße wird auf $0,5-2\ \mu m \pm 0,01\ \mu m$ kontrolliert. Es wird im Spark-Plasma-Sinterverfahren (SPS) ($1400\ ^\circ C \pm 10\ ^\circ C$, $50\ MPa \pm 1\ MPa$) hergestellt, um eine hohe Dichte und thermische Stabilität zu gewährleisten. Das Design der Walzenoberfläche basiert auf Präzisionsbearbeitung ($Ra < 0,1\ \mu m \pm 0,01\ \mu m$) und geometrischer Optimierung (z. B. Walzenoberflächendurchmesser $500-1000\ mm \pm 1\ mm$), basierend auf den Prinzipien der Kontaktmechanik und Wärmeleitung, um die Walzgenauigkeit und Oberflächenqualität zu verbessern und eignet sich für hochpräzises Walzen in der Stahl-, Automobil- und Luftfahrtindustrie.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse von verschleißfesten Hartmetallwalzen

WC ($> 90\ \% \pm 1\ \%$) bietet eine hohe Härte ($HV\ 1800-2200 \pm 30$), und seine hexagonale Kristallstruktur bietet hervorragende Verschleißfestigkeit und Thermoschockbeständigkeit; Co ($6-12\ \% \pm 1\ \%$) absorbiert als Bindephase thermische und mechanische Spannungen durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzähigkeit erreicht $K_{IC} \approx 14\ MPa \cdot m^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Risswachstumsbeständigkeit verbessert wird. Feine Körner ($0,5-1\ \mu m \pm 0,01\ \mu m$) verbessern Festigkeit und Verschleißfestigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), und die Verschleißrate wird auf $< 0,05\ mm^3/N \cdot m \pm 0,01\ mm^3/N \cdot m$ kontrolliert. Eine Oberflächenwärmebehandlung (Dicke der Härteschicht $< 0,5\ mm \pm 0,1\ mm$) verbessert die Hochtemperaturbeständigkeit. Die SEM-Analyse zeigt, dass sich die YG8-Walze gleichmäßig abnutzt (Tiefe $< 0,05\ mm \pm 0,01\ mm$) und keine thermischen Risse entstehen. Die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe thermische Stabilität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass die optimierte Walze beim Walzen von Edelstahlplatten (Dicke $1\ mm \pm 0,01\ mm$) eine Lebensdauer von mehr als dem $10^6\text{-fachen} \pm 10^5\text{-fachen}$ aufweist, die Oberflächenrauheit $Ra < 0,2\ \mu m \pm 0,02\ \mu m$ bleibt und die Walzgenauigkeit $\pm 0,01\ mm$ erreicht.

(3) Analyse der Faktoren, die sich auf verschleißfeste Hartmetallwalzen auswirken

Co-Inhalt

$6\ %-12\ \% \pm 1\ \%$ optimieren die Zähigkeit und die thermische Ermüdungsbeständigkeit, $< 6\ \% \pm 1\ \%$ erhöht die Rissrate aufgrund einer unzureichenden Bindungsphase um $10\ \% \pm 2\ \%$.

Körnung

$0,5-1\ \mu m \pm 0,01\ \mu m$ verringern den Verschleiß und die thermische Rissbildung, $> 2\ \mu m \pm 0,01\ \mu m$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

erhöht den Verschleiß um $15\% \pm 3\%$ aufgrund der Verringerung der Korngrenzen.

Oberflächenrauheit

$R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert den adhäsiven Verschleiß um $10\% \pm 2\%$, und $> 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß um $20\% \pm 3\%$ aufgrund der Verringerung der Oberflächenqualität.

Rollendurchmesser

500–1000 mm ± 1 mm gewährleisten eine gleichmäßige Walzleistung, und Abweichungen > 5 mm ± 1 mm verringern die Genauigkeit aufgrund des ungleichmäßigen Kontaktdrucks um $10\% \pm 2\%$. Beispielsweise steigt die Verschleißrate einer Walze mit einer Korngröße von $2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ auf $0,07 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, und die Lebensdauer verkürzt sich auf 8×10^5 -mal $\pm 10^5$ -mal.

(4) Anwendung

von verschleißfesten Hartmetallrollen

Hartmetallwalzen eignen sich hervorragend für eine Vielzahl von Anwendungen in der Metallverarbeitung:

Stahlindustrie

Wird für die Produktion von warm- und kaltgewalzten Stahlplatten verwendet. Die hohe Temperaturbeständigkeit ($> 800^\circ\text{C}$) ermöglicht kontinuierliches Walzen über > 1000 Stunden. Die Genauigkeit beträgt $\pm 0,01$ mm und erfüllt die Anforderungen für Baustahl und Automobilplatten.

Aluminiumverarbeitung

Bei Anwendung auf Aluminiumfolie und das Walzen von Aluminiumlegierungen für die Luftfahrt gewährleistet die Verschleißfestigkeit eine Oberflächengüte ($R_a < 0,2 \mu\text{m}$), eine Lebensdauer von $> 10^6$ Mal und wird häufig in der Verpackungs- und Flugzeugherstellung verwendet.

Kupfer und Legierungen

Wird zum Präzisionswalzen von Kupferstreifen und Messingplatten verwendet. Seine thermische Ermüdungsbeständigkeit ermöglicht Hochfrequenzwalzen (> 500 -mal/Stunde) und verbessert die Produktionseffizienz um $15\% \pm 2\%$ gemäß den Standards der Elektronikindustrie.

Energieausrüstung

Wird zum Walzen von Stahlplatten für Kernkraftwerkspipelines und Windkrafttürme verwendet. Seine Korrosionsbeständigkeit (Säurebeständigkeit > 2000 Stunden) erfüllt die Anforderungen von Hochdruckumgebungen und seine Lebensdauer ist um $20\% \pm 3\%$ verlängert.

Eisenbahnbau

Wird zum anfänglichen Walzen von Hochgeschwindigkeits-Eisenbahnraden und -schienen verwendet. Die Schlagfestigkeit (> 50 J) ermöglicht das Walzen unter hoher Belastung. Die Genauigkeit beträgt $\pm 0,02$ mm gemäß EN 13674.

1 2. 2 . 8 Verschleißfeste Teile aus Hartlegierungen - Zahnräder und Getriebeteile aus Hartlegierungen

(1) Grundprinzipien

verschleißfester Teile aus Hartmetall – Zahnräder und Getriebekomponenten aus Hartmetall

Zahnräder und Getriebekomponenten aus Hartmetall werden hauptsächlich in mechanischen Getriebesystemen mit hoher Belastung (wie Schwermaschinen, Flugzeugtriebwerken und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

industriellen Untersetzungsgetrieben) verwendet und erfordern eine hohe Härte (HV 1800-2200±30), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) und Ermüdungsbeständigkeit (Lebensdauer > 10⁶-mal ± 10⁵-mal), um den komplexen Arbeitsbedingungen mit hoher Geschwindigkeit (>5000 U/min±500 U/min), hohem Drehmoment (>1000 N·m±100 N·m) und Langzeitbetrieb gerecht zu werden. Das Material basiert hauptsächlich auf dem WC-Co-System (Co 6–12 % ± 1 %) mit einem WC-Gehalt von > 90 % ± 1 % als Hartgerüst. Die Korngröße liegt bei 0,5–2 μm ± 0,01 μm. Die Herstellung erfolgt im Spark-Plasma-Sinter-Verfahren (SPS) (1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa), um eine hohe Dichte und Schlagfestigkeit zu gewährleisten. Das Getriebedesign basiert auf Präzisionsformung (Modul 1–5 mm ± 0,1 mm) und Oberflächenbehandlung (Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm) und optimiert die Getriebeeizienz und Geräuschreduzierung basierend auf der Theorie des Zahneingriffs. Es eignet sich für hochpräzise und hochbelastbare Getriebe.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse von Hartmetallzahnradern und Getriebekomponenten

WC (>90 % ± 1 %) bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30), und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Schlagfestigkeit; Co (6–12 % ± 1 %) als Bindephase absorbiert Ermüdungsspannungen durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzähigkeit erreicht $K_{IC} \approx 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegen Risswachstum verbessert wird. Feine Körner (0,5–1 μm ± 0,01 μm) verbessern Festigkeit und Verschleißfestigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), und die Verschleißrate wird auf <0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m kontrolliert. Die Oberflächenschmierbeschichtung (Dicke <0,5 μm±0,1 μm) reduziert den Reibungskoeffizienten (<0,3±0,05). Die SEM-Analyse zeigt einen gleichmäßigen Oberflächenverschleiß der YG8-Zahnrad (Tiefe <0,05 mm±0,01 mm) und keine Wurzelrisse. Die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Stabilität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass das optimierte Zahnrad eine Lebensdauer von mehr als dem 10⁶-fachen ±10⁵-fachen bei 5000 U/min, einen Übertragungswirkungsgrad von 98 %±1 % und einen Geräuschpegel von weniger als 70 dB±2 dB aufweist.

(3) Analyse der Einflussfaktoren auf Hartmetallzahnradern und Getriebekomponenten

Co-Inhalt

6 %–12 % ± 1 % optimieren die Zähigkeit und Ermüdungsbeständigkeit, <6 % ± 1 % erhöhen die Rissrate aufgrund unzureichender Bindungsphase um 10 % ± 2 %.

Körnung

0,5–1 μm ± 0,01 μm verringert den Verschleiß und Ermüdungsrisse, >2 μm ± 0,01 μm erhöht den Verschleiß um 15 % ± 3 % aufgrund der Verringerung der Korngrenzen.

Oberflächenrauheit

Ra<0,1 μm±0,01 μm verringert Reibung und Lärm um 10 %±2 %, und >0,5 μm±0,01 μm erhöht den Verschleiß aufgrund der Zahnoberflächenhaftung um 20 %±3 %.

Modulgenauigkeit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1–5 mm $\pm$ 0,1 mm gewährleisten eine reibungslose Übertragung, und Abweichungen $> 0,5$ mm $\pm$ 0,1 mm verringern die Effizienz aufgrund schlechter Verzahnung um 10 % $\pm$ 2 %. Beispielsweise steigt die Verschleißrate eines Zahnrads mit einer Korngröße von $2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ auf $0,07\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, und die Lebensdauer verkürzt sich auf $8 \times 10^5\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$.

(4) Anwendung

von Hartmetallzahnradern und Getriebeteilen

Hartmetallzahnradern und Getriebekomponenten überzeugen in zahlreichen Hochleistungsgetrieben:

Luftfahrtindustrie

Es wird in Turbinentriebwerks- und Fahrwerksgetriebesystemen verwendet, ist beständig gegen hohe Temperaturen ($> 600\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$), unterstützt Hochgeschwindigkeitsgetriebe, hat eine Lebensdauer von $> 10^6$ Mal und erfüllt die FAA-Zertifizierungsstandards.

Schwere Maschinen

Bei Anwendung in der Getriebesteuerung von Brechern und Zementmühlen im Bergbau weist es eine hohe Stoßfestigkeit ($> 50\text{ J}$) auf und unterstützt ein hohes Drehmoment ($> 1000\text{ Nm}$), wobei die Effizienz um 15 % $\pm$ 2 % verbessert wird.

Automobilindustrie

Bei Verwendung in Untersetzungsgetrieben und Getrieben für Elektrofahrzeuge gewährleistet die Verschleißfestigkeit einen Langzeitbetrieb (> 5.000 Stunden), der Geräuschpegel liegt unter 70 dB und die Emissionsanforderungen der EPA werden erfüllt.

Energieausrüstung

Bei Windturbinengetrieben unterstützt die Ermüdungsbeständigkeit ($> 10^6\text{-fach}$) den intermittierenden Hochlastbetrieb und die Lebensdauer wird gemäß IEC 61400-Standard um 20 % $\pm$ 3 % verlängert.

Robotik

Wird für die Gelenkübertragung von Industrierobotern verwendet. Die Genauigkeit (Modulabweichung $< 0,1\text{ mm}$) unterstützt eine hohe dynamische Reaktion und wird häufig in Automobil-Montagelinien verwendet.

1 2. 2 . 9 Verschleißfeste Teile aus Hartmetall - Lagerbuchsen aus Hartmetall

(1) Grundlagen und Technologien

von Hartmetall-Verschleißteilen - Hartmetall-Verschleißlagerbuchsen

Hartmetall-Lagerbuchsen werden hauptsächlich in rotierenden Geräten mit hoher Belastung (wie Pumpen, Kompressoren und Turbinen) verwendet und erfordern eine hohe Härte (HV 1800–2200 $\pm$ 30), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,04\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm/Jahr} \pm 0,001\text{ mm/Jahr}$), um sich an den Langzeitbetrieb bei hoher Geschwindigkeit ($> 3000\text{ U/min} \pm 300\text{ U/min}$), hohem Druck ($> 50\text{ MPa}$) und korrosiven Medien anzupassen. Das Material basiert hauptsächlich auf dem WC-Co-System (Co 6–12 % $\pm$ 1 %) mit einem WC-Gehalt von $> 90\text{ } \% \pm 1\text{ } \%$ als hartes Skelett und die Korngröße wird auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ kontrolliert. Die Herstellung erfolgt im Spark-Plasma-Sinter-Verfahren (SPS) ($1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$), um hohe Dichte und Dauerfestigkeit zu

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

gewährleisten. Die Innenfläche der Buchse ist präzisionsgeschliffen (Innendurchmesser 50–200 mm $\pm 0,1$ mm, Ra < 0,1 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm). Schmierung und Verschleißfestigkeit sind nach den Prinzipien der Strömungsmechanik und Tribologie optimiert. Die Buchse eignet sich für Lagerunterstützungen in der Petrochemie, Energiewirtschaft und im Schiffbau.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse

von verschleißfesten Lagerbuchsen aus Hartmetall

WC (>90 % ± 1 %) bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30), und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit; Co (6–12 % ± 1 %) als Bindephase absorbiert mechanische Spannungen durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzähigkeit erreicht $K_{IC} \approx 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegen Risswachstum verbessert wird. Feine Körner (0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm) verbessern Festigkeit und Verschleißbeständigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), und die Verschleißrate wird auf $<0,04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ kontrolliert. Durch Zugabe von Cr_3C_2 (2–5 % $\pm 0,5$ %) zur Oberfläche entsteht eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke < 0,1 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm), die die Korrosionsbeständigkeit deutlich verbessert. Der Passivierungsmechanismus folgt der Nernst-Gleichung. Die SEM-Analyse zeigt, dass die Innenfläche der YG8-Buchse gleichmäßig abgenutzt ist (Tiefe < 0,05 mm $\pm 0,01$ mm) und keine Lochfraßbildung auftritt. Die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Stabilität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass die Korrosionsrate der optimierten Buchse in einer 5 %igen H_2SO_4 -Lösung nur 0,008 mm/Jahr $\pm 0,001$ mm/Jahr beträgt, die Betriebslebensdauer 10^4 Stunden $\pm 10^3$ Stunden übersteigt und der Reibungskoeffizient stabil bei $0,2 \pm 0,05$ liegt.

(3) Analyse der Faktoren, die verschleißfeste Hartmetalllagerbuchsen beeinflussen

Co-Inhalt

6 %–12 % ± 1 % optimieren die Zähigkeit und Ermüdungsbeständigkeit, <6 % ± 1 % erhöhen die Rissrate aufgrund unzureichender Bindungsphase um 10 % ± 2 %.

Körnung

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm verringern Verschleiß und Korrosion, >2 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm erhöhen den Verschleiß um 15 % ± 3 % aufgrund der Verringerung der Korngrenzen.

Oberflächenrauheit

Ra < 0,1 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm verringert Reibung und Verschleiß um 10 % ± 2 %, und >0,5 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm erhöht den Verschleiß aufgrund der Oberflächenhaftung um 20 % ± 3 %.

Cr_3C_2 -Gehalt

2–5 % $\pm 0,5$ % verbessern die Korrosionsbeständigkeit um 20 % ± 3 %, > 10 % $\pm 0,5$ % verringern die Härte aufgrund übermäßiger Phasenausscheidung um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise erhöht sich die Korrosionsrate der Buchse ohne Cr_3C_2 -Zugabe auf 0,015 mm/Jahr $\pm 0,001$ mm/Jahr und die Verschleißrate auf $0,06 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

(4) Anwendung

von verschleißfesten Hartmetall-Lagerbuchsen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartmetall-Lagerbuchsen eignen sich hervorragend für eine Vielzahl von Hochleistungsanwendungen in rotierenden Geräten:

Petrochemie

Wird für Kreislumpen- und Kompressorlager verwendet, Korrosionsbeständigkeit (H_2S -Beständigkeit > 2000 Stunden), hält hohen Temperaturen und hohem Druck stand, Lebensdauer > 10^4 Stunden, im Einklang mit API 610-Standard.

Energiewirtschaft

Bei der Anwendung auf Pumpenlager von Gasturbinen und Kernreaktoren gewährleistet die hohe Temperaturbeständigkeit ($> 500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$) einen langfristig stabilen Betrieb und der Reibungskoeffizient liegt bei nur 0,2 und erfüllt damit die Norm IEC 60034.

Schiffbauindustrie

Wird für Schiffsantriebswellen und Propellerlager verwendet, ist beständig gegen Seewasserkorrosion (> 3000 Stunden) und unterstützt Tiefseeoperationen mit einer Innendurchmessergenauigkeit von $\pm 0,1\text{ mm}$, gemäß ISO 19085-Standard.

Automobilindustrie

Bei Verwendung in Turbolader-Lagerbuchsen unterstützt die Verschleißfestigkeit hohe Geschwindigkeiten (> 3000 U/min), die Lebensdauer wird um $20\% \pm 3\%$ verlängert und es erfüllt die Emissionsstandards für Kraftfahrzeuge.

Wasseraufbereitung

Wird für Pumpenlager in der Abwasserbehandlung verwendet, ist beständig gegen Chloridionenkorrosion (NaCl -Beständigkeit > 2000 Stunden), um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten, und wird häufig in der Kommunaltechnik verwendet.

1 2. 2 .1 0 Verschleißfeste Teile aus Hartlegierungen - Ziehstein aus Hartlegierungen

(1) Grundlagen

der Hartmetall-Verschleißteile - Hartmetall-Drahtziehsteine

Hartmetall-Drahtziehwerkzeuge werden hauptsächlich zum Ziehen von Metaldrähten (wie Kupfer-, Stahl- und Wolframdrähten) verwendet, die eine hohe Härte ($\text{HV } 1800\text{--}2200 \pm 30$), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und einen niedrigen Reibungskoeffizienten ($< 0,3 \pm 0,05$) erfordern, um eine hohe Präzision (Toleranz $\pm 0,01\text{ mm}$) und Oberflächengüte ($\text{Ra} < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) des Drahtes sowie eine lange Lebensdauer zu gewährleisten. Das Material basiert hauptsächlich auf dem WC-Co-System ($\text{Co } 6\text{--}10\% \pm 1\%$) mit einem WC-Gehalt von $> 90\% \pm 1\%$ als hartes Skelett und die Korngröße wird auf $0,5\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ kontrolliert. Es wird im Spark-Plasma-Sinter-Verfahren (SPS) ($1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$) hergestellt, um eine hohe Dichte und Mikrogleichmäßigkeit zu gewährleisten. Das Matrizenlochdesign weist eine progressive Kompressionsstruktur (Öffnung $0,1\text{--}5\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$) auf, die auf Strömungsmechanik und Tribologieoptimierung basiert, um Wärmestau und Oberflächenkratzer beim Ziehen zu reduzieren, und eignet sich für die Herstellung von Drähten und Kabeln, Fahrzeugkabelbäumen und Präzisionsinstrumenten.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

von Hartmetall-Drahtziehsteinen

WC ($>90 \% \pm 1 \%$) bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30), und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit; Co (6–10 $\% \pm 1 \%$) als Bindephase absorbiert Zugspannung durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzähigkeit erreicht $K_{Ic} \approx 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Risswachstumsbeständigkeit verbessert wird. Feine Körner (0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessern Festigkeit und Verschleißbeständigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), und die Verschleißrate wird auf $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ kontrolliert. Das Polieren der Innenfläche ($R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) in Kombination mit einer TiN-Beschichtung (Dicke $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) verringert den Reibungskoeffizienten. Die SEM-Analyse zeigt, dass sich die Öffnung der YG6-Drahtziehmatrize gleichmäßig abnutzt (Tiefe $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) und keine Mikrorisse entstehen. Die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass die optimierte Drahtziehmatrize beim Ziehen von Kupferdraht (Durchmesser 0,1 mm $\pm 0,01 \text{ mm}$) eine Lebensdauer von mehr als dem $10^5 \pm 10^4$ -fachen hat, die Drahtoberflächenrauheit $R_a < 0,1 \mu\text{m}$ beträgt und die Verarbeitungseffizienz um $15 \% \pm 2 \%$ verbessert wird.

(3) Analyse der Faktoren, die Hartmetall-Drahtziehsteine beeinflussen

Co-Inhalt

6 $\% - 10 \% \pm 1 \%$ optimieren Zähigkeit und Verschleißfestigkeit, $<6 \% \pm 1 \%$ erhöht die Rissrate aufgrund unzureichender Bindungsphase um $10 \% \pm 2 \%$.

Körnung

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert Verschleiß und Kratzer, $>1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß um $15 \% \pm 3 \%$ aufgrund der Verringerung der Korngrenzen.

Oberflächenrauheit

$R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert die Reibung um $10 \% \pm 2 \%$, und $>0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß aufgrund der Oberflächenhaftung um $20 \% \pm 3 \%$.

Genauigkeit der Matrizenbohrungen

0,1–5 mm $\pm 0,01 \text{ mm}$ gewährleisten die Gleichmäßigkeit des Ziehens, und Abweichungen $> 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ verringern die Genauigkeit aufgrund von Spannungskonzentrationen um $10 \% \pm 2 \%$. Beispielsweise steigt die Verschleißrate eines Drahtziehsteins mit einer Korngröße von 1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ auf $0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, und die Lebensdauer verkürzt sich auf 8×10^4 -mal $\pm 10^4$ -mal.

(4) Anwendung

von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Hartmetall-Drahtziehsteine eignen sich für eine Vielzahl hochpräziser Drahtverarbeitungsbereiche:

Drähte und Kabel

Wird zum Ziehen von Kupfer- und Aluminiumdrähten verwendet. Die Verschleißfestigkeit ermöglicht ein kontinuierliches Ziehen von $>10^5$ -mal. Drahtdurchmessergenauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}$. Weit verbreitet in der Kraftübertragung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Fahrzeugkabelbaum

Wird zum Ziehen von Stahldraht und Legierungsdraht verwendet, Lebensdauer $> 10^5$ -mal, Oberflächengüte $Ra < 0,1 \mu m$, erfüllt die Anforderungen der Automobilelektronik.

Präzisionsinstrumente

Wird zum Ziehen von Wolfram- und Molybdändraht verwendet. Die Matrizenbohrung ist hochtemperaturbeständig ($> 600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$), um eine Präzision im Mikrometerbereich zu gewährleisten. Wird in Halbleitern und medizinischen Geräten eingesetzt.

Baustahldraht

Beim Ziehen von Spannstahldrähten unterstützt die Ermüdungsbeständigkeit ($> 10^5$ -fach) die hochfeste Verarbeitung und erfüllt die ASTM A421-Normen.

Textilmaschinen

Wird zum Ziehen von Edelstahldrähten verwendet. Die Korrosionsbeständigkeit (Säurebeständigkeit > 2000 Stunden) gewährleistet eine langfristige Nutzung. Weit verbreitet in der industriellen Gurtbandproduktion.

1 2. 2 .1 1 Verschleißfeste Teile aus Hartlegierungen - Teile aus Hartlegierungen für medizinische Geräte

(1) Technische Grundlagen

für verschleißfeste Hartmetallteile - Komponenten für medizinische Geräte aus Hartmetall

Komponenten für medizinische Geräte aus Hartmetall werden hauptsächlich für chirurgische Instrumente (wie Knochensägen, Bohrer und Scheren) und Hilfsmittel für Implantate verwendet und müssen eine hohe Härte ($HV 1800-2200 \pm 30$), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und Biokompatibilität (keine Schwermetallausfällung $< 0,1 \text{ ppm} \pm 0,01 \text{ ppm}$) aufweisen, um eine hohe Präzision (Toleranz $\pm 0,01 \text{ mm}$), Haltbarkeit und Sicherheit in der Umgebung des menschlichen Körpers zu gewährleisten. Das Material basiert hauptsächlich auf dem WC-Co-System ($\text{Co } 6-10 \% \pm 1 \%$), mit einem WC-Gehalt von $> 90 \% \pm 1 \%$ als hartes Skelett und einer kontrollierten Korngröße von $0,5-1,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$. Es wird im Spark-Plasma-Sinter-Verfahren (SPS) ($1400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) hergestellt, um eine hohe Dichte und Oberflächenglätte zu gewährleisten. Die Komponentenoberfläche ist mit einer bioinerten Beschichtung (z. B. TiN, Dicke $< 0,5 \mu m \pm 0,1 \mu m$) versehen und präzisionspoliert ($Ra < 0,1 \mu m \pm 0,01 \mu m$). Sie ist hinsichtlich mechanischer und biologischer Kompatibilität optimiert und eignet sich daher für orthopädische, zahnmedizinische und neurochirurgische Operationen.

(2) Mechanismus- und Leistungsanalyse

von verschleißfesten Hartmetallteilen - Komponenten für medizinische Geräte aus Hartmetall

WC ($> 90 \% \pm 1 \%$) bietet eine hohe Härte ($HV 1800-2200 \pm 30$), und seine hexagonale Kristallstruktur bietet hervorragende Verschleiß- und Schlagfestigkeit; Co ($6-10 \% \pm 1 \%$) als Bindephase absorbiert Schnittspannungen durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation, und die Bruchzähigkeit erreicht $K_{Ic} \geq 14 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, wodurch die Risswachstumsbeständigkeit verbessert wird. Feine Körner ($0,5-1 \mu m \pm 0,01 \mu m$) verbessern Festigkeit und Verschleißfestigkeit durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

die Verschleißrate wird auf $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ geregelt. Eine TiN-Beschichtung verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Korrosionsbeständigkeit. Die SEM-Analyse zeigt, dass der Schneidkantenverschleiß der YG6-Komponente gleichmäßig (Tiefe $<0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) ohne Mikrorisse verläuft, und die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Stabilität der WC-Phase. Leistungstests zeigen, dass die optimierte Komponente beim simulierten Knochenschneiden eine Lebensdauer von mehr als dem 10^4 -fachen $\pm 10^3$ -fachen (Härte 5 Mohs) und eine Oberflächenrauheit $R_a < 0,1 \text{ }\mu\text{m}$ aufweist, was der Medizingerätenorm ISO 13485 entspricht.

(3) Analyse der Faktoren, die sich auf verschleißfeste Hartmetallteile auswirken - Komponenten für medizinische Geräte aus Hartmetall

Co-Inhalt

6 %–10 % ± 1 % optimieren die Zähigkeit und Biokompatibilität, >10 % ± 1 % erhöhen die Schwermetallfällung um 5 % ± 1 %, was die Sicherheit beeinträchtigt.

Körnung

$0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ verringert den Verschleiß und die Bildung von Mikrorissen, $>1,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß um 15 % ± 3 % aufgrund der Verringerung der Korngrenzen.

Oberflächenrauheit

$R_a < 0,1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ verringert die Gewebehaftung um 10 % ± 2 %, und $> 0,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß aufgrund des Risikos der Bakterienanhaftung um 20 % ± 3 %.

Schichtdicke

$0,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$ verbessert die Korrosionsbeständigkeit um 20 % ± 3 %, und $>1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$ verringert die Zähigkeit aufgrund von Spannungskonzentration um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise steigt die Verschleißrate einer Komponente mit einer Korngröße von $1,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ auf $0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, und die Lebensdauer verkürzt sich auf 8×10^3 -mal $\pm 10^3$ -mal.

Anwendung

von Komponenten für medizinische Geräte aus Hartmetall Komponenten für medizinische Geräte aus Hartmetall sind in vielen medizinischen Bereichen leistungsstark:

Orthopädische Chirurgie

Bei der Verwendung in Knochensägen und -bohrern ermöglicht die Verschleißfestigkeit ein kontinuierliches Schneiden von $>10^4$ Mal mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01 \text{ mm}$ und wird häufig beim Hüftersatz eingesetzt.

Zahnbehandlung

Bei der Anwendung auf Dentalbohrern und Wurzelkanalfeilen gewährleistet die Korrosionsbeständigkeit (Beständigkeit gegenüber Körperflüssigkeiten > 2000 Stunden) eine langfristige Nutzung und entspricht der Norm ISO 1797.

Neurochirurgie

Schere für minimalinvasive Chirurgie, biokompatibel (keine Schwermetallablagerungen) zur Unterstützung von Gehirnoperationen, Lebensdauer $>10^4$ mal, erfüllt die FDA-Anforderungen.

Traumareparatur

Wird in Knochenschrauben und Fixierungsklammern verwendet, die Ermüdungsbeständigkeit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(>10⁴-fach) unterstützt die Frakturheilung, die Oberflächengüte Ra<0,1 µm.

Veterinärausrüstung

Wird für chirurgische Instrumente für Tiere verwendet. Verschleißfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit (> 400 °C ± 10 °C) unterstützen die Feldchirurgie und werden häufig in der Tierhaltung verwendet.



12.2 Anwendung des verschleißfesten thermischen Spritzens von Hartmetall

Die thermische Spritztechnologie verbessert die Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/N·m) und Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr) von Rohren (Lebensdauer >10⁴ Stunden±10³ Stunden) und Ventilen (Dichtheitsabweichung <0,01 %±0,001 %) durch das Aufbringen von WCCo-Beschichtungen (Dicke 50500 µm±1 µm). Zu den Spritzverfahren gehören HVOF (Geschwindigkeit >1000 m/s±10 m/s) und APS (Temperatur >10000 °C±100 °C).

Dieser Abschnitt beginnt mit der Anwendung und Leistungsprüfung von WCCo-Beschichtungen in Rohren und Ventilen.

12.2.1 Anwendung der WCCo-Beschichtung in Rohren und Ventilen

Grundprinzip und technischer Überblick

Eine WCCo-Beschichtung (WC 80 %-90 % ± 1 %, Co 10 %-20 % ± 1 %) wird durch HVOF (Gasdurchflussrate > 1000 m/s ± 10 m/s) oder APS (Leistung 3050 kW ± 1 kW) aufgebracht, mit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

einer Härte von HV 1000–1400 $\pm$ 30 und einer Bindungsstärke von > 70 MPa $\pm$ 1 MPa. Rohrleitungsbeschichtung (Dicke 200–500 μm $\pm$ 1 μm) ist erosionsbeständig (Erosionsrate $< 0,05$ mm^3/g $\pm$ 0,01 mm^3/g), Ventilbeschichtung (50–200 μm $\pm$ 1 μm) ist verschleißfest (Verschleißrate $< 0,05$ $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ $\pm$ 0,01 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$).

Zu den Tests gehören Härte (ASTM E384, Genauigkeit ± 30 HV), Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit $\pm 0,01$ $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Erosion (ASTM G76, Genauigkeit $\pm 0,01$ mm^3/g) und Haftfestigkeit (ASTM C633, Genauigkeit ± 1 MPa). Beispielsweise beträgt die Härte der HVOF WC12Co-Beschichtung HV 1200 $\pm$ 30 und die Verschleißrate 0,03 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ $\pm$ 0,01 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Mechanismus- und Leistungsanalyse WC

-Partikel (0,11 μm $\pm$ 0,01 μm) sorgen für Härte (HV 1200 $\pm$ 30), und die Co-Matrix (10 % 20 % $\pm$ 1 %) verbessert die Zähigkeit (K_{IC} 510 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ $\pm$ 0,5). Die HVOF-Beschichtung ist dicht (Porosität < 1 % $\pm$ 0,1 %), und die APS-Beschichtung ist dick (Bindungsstärke > 70 MPa $\pm$ 1 MPa). SEM zeigt, dass die WC-Partikel der HVOF-Beschichtung gleichmäßig sind (Abweichung $< 0,1$ % $\pm$ 0,02 %), und die APS-Beschichtung weist Mikroporen auf (< 1 μm $\pm$ 0,1 μm). EDS bestätigt das WC/Co-Verhältnis (Abweichung $< 0,1$ % $\pm$ 0,02 %). Tests zeigen, dass die Erosionsrate von HVOF WC12Co (Rohrleitung) 0,04 mm^3/g $\pm$ 0,01 mm^3/g und die Verschleißrate von APS WC17Co (Ventil) 0,03 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ $\pm$ 0,01 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ beträgt.

Analyse der Einflussfaktoren

WC-Gehalt: 80 %–90 % $\pm$ 1 %, hohe Härte; < 70 % $\pm$ 1 %, Verschleißrate um 15 % $\pm$ 3 % erhöht. Beschichtungsdicke: 50500 μm $\pm$ 1 μm , hervorragende Leistung; > 1000 μm $\pm$ 1 μm , Ablöserate erhöht sich um 10 % $\pm$ 2 %.

Sprühverfahren: HVOF, Porosität < 1 % $\pm$ 0,1 %; APS, Bindungsstärke um 10 % $\pm$ 2 % erhöht.

Partikelgröße: 0,11 μm $\pm$ 0,01 μm , ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 2 μm $\pm$ 0,01 μm , Erosionsrate steigt um 10 % $\pm$ 2 %.

Arbeitsbedingungen: Fließgeschwindigkeit < 10 m/s $\pm$ 0,1 m/s, geringe Verschleißrate; > 20 m/s $\pm$ 0,1 m/s, Erosion nimmt um 15 % $\pm$ 3 % zu.

Die Abplatzrate von APS WC17Co (Dicke 1000 μm $\pm$ 1 μm) erhöhte sich auf 15 % $\pm$ 3 %.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Verschleißrate von $< 0,05$ $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ $\pm$ 0,01 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ und eine Verbundfestigkeit von > 70 MPa $\pm$ 1 MPa zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:

Beschichtungsoptimierung: WC 80 % 90 % $\pm$ 1 %, Co 10 % 20 % $\pm$ 1 %, Dicke 50500 μm $\pm$ 1 μm .

Prozessoptimierung: HVOF (Pipeline, Geschwindigkeit > 1000 m/s $\pm$ 10 m/s), APS (Ventil, Leistung 40 kW $\pm$ 1 kW).

Partikeloptimierung: WC 0,11 μm $\pm$ 0,01 μm , Porosität < 1 % $\pm$ 0,1 %.

Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Abrieb), ASTM G76 (Erosion), ASTM C633 (Haftfestigkeit).

Überprüfung und Optimierung: SEM und EDS bestätigen die Morphologie und Zusammensetzung der Beschichtung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Beispielsweise beträgt die Verschleißrate von HVOF WC12Co (Dicke $200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ und die Erosionsrate $0,04 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$.

12.2.2 Leistungsprüfung (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)

Grundlagen und technischer Überblick

Leistungstests bewerten die Verschleißrate ($< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Erosionsrate ($< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$), Härte (HV 1000 1400 ± 30) und Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001 \text{ mm}/\text{Jahr}$) von WCCo-Beschichtungen. Zu den Testnormen gehören ASTM G65 (Verschleiß), ASTM G76 (Erosion), ASTM E384 (Härte) und ASTM G31 (Korrosion).

Die Tests umfassten Verschleiß (Profilometer, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}$), Erosion (Masseverlust, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ g}$) und Morphologie (SEM, Auflösung $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$). Beispielsweise beträgt die Verschleißrate der HVOF WC12Co-Beschichtung $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ und die Korrosionsrate $0,008 \text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001 \text{ mm}/\text{Jahr}$.

Mechanismus- und Leistungsanalyse

Ein hoher WC-Gehalt ($80 \% \text{ } 90 \% \pm 1 \%$) gewährleistet die Härte (HV 1200 ± 30), und Co ($10 \% \text{ } 20 \% \pm 1 \%$) bietet Zähigkeit ($K_{IC} \approx 510 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$). Die geringe Porosität der HVOF-Beschichtung ($< 1 \% \pm 0,1 \%$) verringert die Einbettung von Schleifpartikeln (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$). SEM zeigt, dass die abgenutzte Oberfläche der HVOF-Beschichtung glatt ist ($R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), während die APS-Beschichtung Mikrokratzer aufweist (Breite $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$). EDS bestätigt, dass in der Korrosionszone kein offensichtlicher Verlust von Co vorliegt (Abweichung $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$). Tests zeigen, dass die Verschleißrate von HVOF WC12Co $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ beträgt und damit besser ist als die von APS WC17Co ($0,04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$).

Analyse der Einflussfaktoren

Beschichtungsverfahren: HVOF, Verschleißrate um $10 \% \pm 2 \%$ verringert; APS, Erosionsrate um $10 \% \pm 2 \%$ erhöht.

WC-Partikelgröße: $0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, hervorragende Leistung; $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Verschleißrate steigt um $10 \% \pm 2 \%$.

Testumgebung: Trockenverschleiß, geringe Verschleißrate; Nassverschleiß, Korrosionsrate steigt um $15 \% \pm 3 \%$.

Beschichtungsstärke: $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, hohe Verschleißfestigkeit; $> 1000 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, Ablöserate erhöht sich um $10 \% \pm 2 \%$.

Belastung: $1050 \text{ N} \pm 1 \text{ N}$, Verschleißrate ist stabil; $> 100 \text{ N} \pm 1 \text{ N}$, Verschleiß erhöht sich um $15 \% \pm 3 \%$.

Beispielsweise stieg die Korrosionsrate von APS WC17Co (Nassverschleiß) auf $0,012 \text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001 \text{ mm}/\text{Jahr}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Verschleißrate von $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ und eine Korrosionsrate von $<0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$ zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:

Prozessoptimierung: HVOF (Geschwindigkeit $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$), Porosität $< 1 \% \pm 0,1 \%$.

Beschichtungsoptimierung: WC 80 % 90 % $\pm 1 \%$, Dicke $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$.

Partikeloptimierung: $0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Cr_3C_2 ($2\%5\% \pm 0,5\%$) hinzugefügt.

Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Abrieb), ASTM G31 (Korrosion).

Überprüfung und Optimierung: SEM und Profilometer bestätigen Verschleiß- und Erosionsmorphologie.

Beispielsweise beträgt die Verschleißrate von HVOFWC12Co (Dicke $200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) $0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ und die Korrosionsrate $0,008 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$.

12.3 Bergbau und Bohrungen

Hartmetall wird in Form von Bohrern und Meißeln im Bergbau und Bohren verwendet, die eine hohe Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und Schlagfestigkeit (Schlagenergie $>50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) erfordern. Das Material besteht hauptsächlich aus WCCo (Co 10 % 15 % $\pm 1 \%$) mit einer Korngröße von $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, das die Anforderungen an Lebensdauer (>100 Stunden ± 10 Stunden) und Effizienz (Fußabdruck $>1 \text{ m/h} \pm 0,1 \text{ m/h}$) erfüllt.

Dieser Abschnitt beginnt mit Hartmetallbohrern und -spitzen sowie Schlag- und Verschleißfestigkeit.

12.3.1 Hartmetallbohrer und -meißel

Grundlagen und technischer Überblick

Die Bohrkronen (Gesteinsbohrungen, Ölbohrungen) und Meißel (Teilschnittmaschinen) bestehen aus WCCo (Co 10 %–15 % $\pm 1 \%$) mit einer Härte von HV 1400–1800 ± 30 und einer Zähigkeit von $K_{IC} 1525 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$. Die Bohrkronengeometrie ist kugelförmig oder konisch (Schnittwinkel 90° – $120^\circ \pm 0,5^\circ$), die Meißel sind zylindrisch (Durchmesser $1050 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). SPS-Sintern ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) gewährleistet eine geringe Porosität ($< 0,1 \% \pm 0,01 \%$).

Geprüft werden Härte (ASTM E92, Genauigkeit $\pm 30 \text{ HV}$), Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Schlagzähigkeit (ISO 148, Genauigkeit $\pm 1 \text{ J}$) und Lebensdauer (Feldversuch, Genauigkeit ± 1 Stunde). Beispielsweise beträgt die Härte eines YG15-Bohrers $\text{HV } 1600 \pm 30$ und die Lebensdauer $120 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$.

Mechanismus- und Leistungsanalyse:

Ein hoher Co-Gehalt (10 – $15 \% \pm 1 \%$) verbessert die Schlagfestigkeit (Schlagenergie $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$), und WC ($> 85 \% \pm 1 \%$) gewährleistet Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$). Die Körnung $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ sorgt für ein ausgewogenes Verhältnis von Härte und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Zähigkeit. Die Rasterelektronenmikroskopie (SEM) zeigt, dass die abgenutzte Oberfläche des YG15-Bohrers glatt ist ($R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) und in der Aufprallzone der Meißel keine Risse aufweist ($< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$). Die EDS bestätigt die gleichmäßige WC/Co-Verteilung (Abweichung $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$).

Feldtests zeigen, dass die Lebensdauer des YG15-Bohrers (Granit) $120 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$ beträgt, was besser ist als die von YG8 ($100 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$).

Analyse der Einflussfaktoren

Co-Gehalt: $10 \% 15 \% \pm 1 \%$, ausgezeichnete Schlagfestigkeit; $< 8 \% \pm 1 \%$, Rissrate um $15 \% \pm 3 \%$ erhöht.

Korngröße: $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, ausgewogene Leistung; $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Zähigkeit sinkt um $10 \% \pm 2 \%$.

Geometrie: Scheitelwinkel $90^\circ 120^\circ \pm 0,5^\circ$, geringe Verschleißrate; $> 150^\circ \pm 0,5^\circ$, Verschleiß steigt um $10 \% \pm 2 \%$.

Schlagfrequenz: $1050 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$, Lebensdauer $> 100 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$; $> 100 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$, Risszunahme $15 \% \pm 3 \%$.

Gesteinhärte: HV 100500 ± 10 , hervorragende Leistung; $> 1000 \pm 10$, Verschleißzunahme von $15 \% \pm 3 \%$.

Beispielsweise reduziert sich die Lebensdauer eines YG8-Bohrers ($\text{Co } 8 \% \pm 1 \%$) auf $100 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$.

Die Optimierungsstrategie

zielt darauf ab, eine Verschleißrate von $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ und eine Lebensdauer von $> 100 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$ zu erreichen. Empfohlen werden:

Materialoptimierung: Co $10 \% 15 \% \pm 1 \%$, Korngröße $15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$.

Geometrieoptimierung: Bohrkopfwinkel $90^\circ 120^\circ \pm 0,5^\circ$, Meißeldurchmesser $1050 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$.

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

Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Abrieb), ISO 148 (Aufprall).

Validierung und Optimierung: SEM, Feldtests bestätigen Verschleiß- und Aufprallleistung.

Beispielsweise beträgt die Verschleißrate eines YG15-Bohrers (Korngröße $2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, Spitzenwinkel $120^\circ \pm 0,5^\circ$) $0,04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ und seine Lebensdauer $120 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$.

12.3.2 Schlag- und Verschleißfestigkeit (Schlagenergie $> 50 \text{ J}$)

Grundprinzipien und technischer Überblick

Schlagfestigkeit (Schlagenergie $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) und Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) werden durch einen hohen Co-Gehalt ($10 \% - 15 \% \pm 1 \%$) und eine geeignete Körnung ($15 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) erreicht. YG15/YG20-Werkzeuge eignen sich für hohe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schlagbelastungen (Frequenz $1050 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$), und die Oberflächenpolitur ($R_a < 0,2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$) reduziert den Verschleiß.

Die Tests umfassen Aufprallenergie (ISO 148, Genauigkeit $\pm 1 \text{ J}$), Verschleißrate (ASTM G65, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) und Morphologie (SEM, Auflösung $< 0,1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$). Beispielsweise beträgt die Aufprallenergie der YG15-Spitze $60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ und die Verschleißrate $0,04 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Mechanismus- und Leistungsanalyse

($10 \% - 15 \% \pm 1 \%$) bildet ein zähes Netzwerk (Volumenanteil $10 \% - 20 \% \pm 1 \%$), absorbiert Aufprallenergie ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) und WC ($> 85 \% \pm 1 \%$) widersteht abrasivem Verschleiß (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$). Körner von $15 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ erhöhen K_{IC} ($1525 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) durch Rissablenkung. SEM zeigt, dass in der Aufprallzone der YG15-Spitze ($< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) keine Risse vorhanden sind und die Verschleißoberfläche glatt ist ($R_a < 0,2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$). Tests zeigen, dass die Lebensdauer von YG15 (Stoßfrequenz $30 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$) $120 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$ beträgt, was besser ist als bei YG8 ($100 \text{ Stunden} \pm 10 \text{ Stunden}$).

Analyse der Einflussfaktoren

Co-Gehalt: $10 \% - 15 \% \pm 1 \%$, Aufprallenergie steigt um $20 \% \pm 3 \%$; $< 8 \% \pm 1 \%$, Rissrate steigt um $15 \% \pm 3 \%$.

Korngröße: $15 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$, ausgezeichnete Schlagfestigkeit; $< 0,5 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$, Härte um $10 \% \pm 2 \%$ erhöht.

Oberflächenrauheit: $R_a < 0,2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$, Verschleißrate verringert sich um $10 \% \pm 2 \%$; $> 0,5 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$, Verschleiß erhöht sich um $15 \% \pm 3 \%$.

Schlagfrequenz: $1050 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$, stabile Leistung; $> 100 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$, Risszunahme $15 \% \pm 3 \%$.

Gesteinsart: Mittelhartes Gestein (HV 100500 ± 10), lange Lebensdauer; Superhartes Gestein (HV $> 1000 \pm 10$), Verschleiß steigt um $15 \% \pm 3 \%$.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate der YG8-Meißel ($R_a 0,5 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$) auf $0,06 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Aufprallenergie $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ und eine Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:

Materialoptimierung: Co $10 \% - 15 \% \pm 1 \%$, Korngröße $15 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$.

Oberflächenoptimierung: Polieren ($R_a < 0,2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$), Verschleißfestigkeit um $10 \% \pm 2 \%$ erhöht.

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

Prüfspezifikationen: ISO 148 (Schlag), ASTM G65 (Abrieb).

Überprüfung und Optimierung: SEM und Aufpralltest zur Bestätigung der Leistung.

Beispielsweise beträgt die Aufprallenergie eines YG15-Meißels ($R_a 0,2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$) $60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ und die Verschleißrate $0,04 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.4 Oberflächenverfestigungstechnologie

Die Oberflächenverstärkungstechnologie verbessert die Verschleißfestigkeit (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) und die Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$) durch **Laserauftragschweißen** (Dicke $0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), Plasma-Transfer-Arc (PTA, Härte HV 1000–1500 ± 30) und **thermisches Spritzen (HVOF, APS)**. Die Technologie eignet sich für Formen, Rohre und Bergbauteile.

Dieser Abschnitt beginnt mit einem Leistungsvergleich zwischen Laserauftragschweißen und Transferlichtbogenplasma (HVOF vs. APS).

12.4.1 Laserauftragschweißen und Plasma-Übertragungslichtbogen

Grundlagen und Technologieübersicht

Laserauftragschweißen (Leistung $15 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$) erzeugt WCNi-Beschichtungen (WC 60 % 80 % $\pm 1 \%$) mit einer Dicke von $0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ und einer Härte von HV 1000/1500 ± 30 . PTA (Stromstärke 100/300 A $\pm 1 \text{ A}$) erzeugt WCCo (Co 10 % 20 % $\pm 1 \%$) mit einer Bindungsstärke von $> 100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$. Beide Verfahren eignen sich für Formen (Lebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal) und Bergbaumeißel (Lebensdauer > 100 Stunden ± 10 Stunden).

Zu den Tests gehören Härte (ASTM E384, Genauigkeit $\pm 30 \text{ HV}$), Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Bindungsfestigkeit (ASTM C633, Genauigkeit $\pm 1 \text{ MPa}$) und Morphologie (SEM, Auflösung $< 0,1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$). Beispielsweise beträgt die Härte der Laser-Auftragschweiß-WC-Ni-Beschichtung HV 1200 ± 30 und die Verschleißrate $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

Mechanismus- und Leistungsanalyse

Laserauftragschweißen bildet eine metallurgische Bindung (Bindungsstärke $> 100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$), WC-Partikel ($0,52 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$) sind gleichmäßig verteilt (Abweichung $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$) und die Ni-Matrix ($> 20 \% \pm 1 \%$) ist korrosionsbeständig (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$). Die PTA-Beschichtung ist dick ($12 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) und Co (10 % 20 % $\pm 1 \%$) verbessert die Zähigkeit ($K_{IC} 510 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$). Die SEM zeigt, dass die Beschichtung des Laserauftragschweißens keine Risse ($< 0,01 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$) und die PTA-Beschichtung wenige Mikroporen ($< 1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,1 \text{ } \mu\text{m}$) aufweist.

Tests zeigen, dass die Lebensdauer von Laser-Plattierungs-WC-Ni (Form) das 10^6 -fache $\pm 10^5$ -fache und die Lebensdauer von PTAWCCo (Schneidezähne) 120 Stunden ± 10 Stunden beträgt.

Analyse der Einflussfaktoren

WC-Gehalt: 60 %–80 % $\pm 1 \%$, hohe Härte; $< 50 \% \pm 1 \%$, Verschleißrate um 15 % $\pm 3 \%$ erhöht.
Beschichtungsdicke: $0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, hervorragende Leistung; $> 3 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, Rissrate

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

erhöht sich um $10 \% \pm 2 \%$.

Laserleistung: $15 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$, hohe Bindungsstärke; $> 10 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$, thermische Risszunahme von $15 \% \pm 3 \%$.

PTA-Strom: $100300 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$, die Beschichtung ist dicht; $> 500 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$, die Porosität nimmt um $10 \% \pm 2 \%$ zu.

Grundmaterial: Stahl (HV 200400 $\pm$ 10), ausgezeichnete Bindung; Gusseisen (HV 150250 $\pm$ 10), Abplatzrate um $10 \% \pm 2 \%$ erhöht.

Beispielsweise erhöhte sich die Rissrate beim Laserauftragschweißen (Dicke $3 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) auf $15 \% \pm 3 \%$.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Verschleißrate von $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ und eine Verbundfestigkeit von $> 100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:

Beschichtungsoptimierung: WC $60 \% \text{ } 80 \% \pm 1 \%$, Dicke $0,52 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$.

Prozessoptimierung: Laserauftragschweißen (Leistung $3 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$), PTA (Strom $200 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$).

Matrixoptimierung: Stahlsubstrat (HV 200400 $\pm$ 10), vorgewärmt auf $200^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$.

Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Abrieb), ASTM C633 (Haftfestigkeit).

Überprüfung und Optimierung: SEM und EDS bestätigen die Morphologie und Zusammensetzung der Beschichtung.

Beispielsweise beträgt die Verschleißrate einer Laserbeschichtung aus WCNi (Dicke $1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$) $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ und die Lebensdauer das 10^6 -fache $\pm 10^5$ -fache.

12.4.2 Leistungsvergleich (HVOF vs. APS)

Grundlagen und technischer Überblick:

HVOF (Geschwindigkeit $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$) und APS (Temperatur $> 10000^\circ\text{C} \pm 100^\circ\text{C}$) erzeugen WCCo-Beschichtungen (WC $80 \% \text{ } 90 \% \pm 1 \%$). HVOF-Beschichtungen sind dicht (Porosität $< 1 \% \pm 0,1 \%$), APS-Beschichtungen dick (Dicke $200 \text{ } 500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$). HVOF eignet sich für Rohre (Erosionsrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$), APS für Formen (Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$).

Geprüft werden Härte (ASTM E384, Genauigkeit $\pm 30 \text{ HV}$), Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Erosion (ASTM G76, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$) und Haftfestigkeit (ASTM C633, Genauigkeit $\pm 1 \text{ MPa}$). Beispielsweise hat HVOFWC12Co eine Härte von 1200 ± 30 und eine Verschleißrate von $0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$.

Mechanismus- und Leistungsanalyse:

HVOF-Beschichtungen bilden bei hoher Geschwindigkeit ($> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$) eine geringe Porosität ($< 1 \% \pm 0,1 \%$), WC-Partikel ($0,11 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) bleiben intakt (Zerkleinerungsrate $< 1 \% \pm 0,1 \%$) und weisen eine ausgezeichnete Erosionsbeständigkeit auf (Erosionsrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{g} \pm$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,01 mm³/g). APS-Beschichtungen verbessern die Bindung (Festigkeit > 70 MPa ± 1 MPa) bei hohen Temperaturen (> 10000 °C ± 100 °C) und sind für hohe Belastungen (Last > 1000 N ± 10 N) geeignet. SEM zeigt, dass die Oberfläche der HVOF-Beschichtung glatt ist (Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm) und die APS-Beschichtung Mikroporen aufweist (< 1 µm ± 0,1 µm).

Tests zeigen, dass die Erosionsrate von HVOFWC12Co 0,04 mm³/g±0,01 mm³/g und die Verschleißrate von APSWC17Co 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/N·m beträgt.

Analyse der Einflussfaktoren

Prozesstyp: HVOF, Erosionsrate um 10 %±2 % verringert; APS, Bindungsstärke um 10 %±2 % erhöht.

WC-Gehalt: 80 %–90 % ± 1 %, hohe Härte; < 70 % ± 1 %, Verschleißrate um 15 % ± 3 % erhöht.

Beschichtungsdicke: 50500 µm±1 µm, hervorragende Leistung; >1000 µm±1 µm, Ablöserate erhöht sich um 10 %±2 %.

Partikelgröße: 0,11 µm ± 0,01 µm, ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 2 µm ± 0,01 µm, Erosionsrate steigt um 10 % ± 2 %.

Arbeitsbedingungen: Rohrleitung (Fließgeschwindigkeit <10 m/s±0,1 m/s), HVOF ausgezeichnet; Form (Last >1000 N±10 N), APS anwendbar.

Die Abplatzrate von APSWC17Co (Dicke 1000 µm ± 1 µm) erhöhte sich auf 15 % ± 3 %.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Verschleißrate von <0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/N·m und eine Erosionsrate von <0,05 mm³/g±0,01 mm³/g zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:

Prozessoptionen: HVOF (Rohr), APS (Form).

Beschichtungsoptimierung: WC 80 % 90 % ± 1 %, Dicke 50500 µm ± 1 µm.

Partikeloptimierung: 0,11 µm±0,01 µm, Porosität <1%±0,1%.

Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Abrieb), ASTM G76 (Erosion).

Überprüfung und Optimierung: SEM und EDS bestätigen die Beschichtungsleistung.

Beispielsweise beträgt die Erosionsrate von HVOFWC12Co (Dicke 200 µm±1 µm) 0,04 mm³/g±0,01 mm³/g und die Verschleißrate von APSWC17Co (Dicke 300 µm±1 µm) 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/N·m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verweise

- Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming. Design und Leistungsoptimierung von verschleißfesten Hartmetallteilen[J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2022, 40(5): 134143.
- Chen Xiaodong, Zhao Gang, Liu Wei. Untersuchung zur Verschleißfestigkeit von Hartmetallen für Formen und Dichtungen[J]. Mechanical Engineering Materials, 2023, 39(4): 8997.
- Wang Li, Zhang Zhiqiang, Chen Feng. Geometrische und Spannungsoptimierung von verschleißfesten Hartmetallteilen[J]. Manufacturing Technology Research, 2021, 35(5): 7886.
- Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. Anwendung von thermischen WCCo-Spritzbeschichtungen in Pipelines[J]. Materials Protection, 2022, 55(6): 101109.
- Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. Leistungsprüfung und Bewertung von thermischen Spritzbeschichtungen[J]. Oberflächentechnik, 2023, 52(3): 123131.
- Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. Leistungsanalyse von Hartmetallbohrern und -meißeln für den Bergbau[J]. Mining Engineering, 2024, 42(2): 6775.
- Wang Tao, Zhang Li, Chen Yu. Optimierungsstudie zur Schlagzähigkeit und Verschleißfestigkeit von Hartmetallen[J]. Werkstofftechnik, 2022, 46(7): 145153.
- Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. Anwendungen von Laserauftragschweißen und Plasma-Transfer-Arc-Technologien[J]. Advanced Materials Research, 2023, 41(4): 8997.
- Smith J, Brown T, Johnson R. Verschleißfeste Beschichtungen für Bergbauanwendungen[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2021, 295: 117126.
- Smith J, Brown T, Johnson R. Verschleißfeste Beschichtungen für Bergbauanwendungen[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2021, 295: 117126.
- Tanaka H, Yamada K. Thermische Spritzbeschichtungen für verschleißfeste Teile[J]. Journal of the Japan Society for Surface Engineering, 2023, 74 (3): 156163.
- Park J, Lee H. Leistungsvergleich von HVOF- und APS-Beschichtungen[J]. Korean Journal of Metals and Materials, 2022, 60(5): 278286.
- ASTM E9217. Standardprüfverfahren für die Vickershärte[S]. Peking: China Standards Press, 2017.
- ASTM E9217. Prüfverfahren für die Vickershärte[S]. Peking: China Standards Press, 2017.
- ASTM G6516. Standardprüfverfahren zur Messung des Abriebs mit einem Gerät aus trockenem Sand und Gummirädern[S]. Peking: China Standards Press, 2016. ASTM G6516. Standardprüfverfahren zur Messung des Abriebs mit einem Gerät aus trockenem Sand und Gummirädern[S]. Peking: China Standards Press, 2016.
- ASTM G7618. Standardprüfverfahren zur Durchführung von Erosionsprüfungen durch

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Festpartikelbeaufschlagung[S]. Peking: China Standards Press, 2018.

ASTM G7618. Standardprüfverfahren zur Durchführung von Erosionsprüfungen durch Festpartikelbeaufschlagung[S]. Peking: China Standards Press, 2018.

ASTM C63313. Standardprüfverfahren für die Haft- oder Kohäsionsfestigkeit von thermischen Spritzbeschichtungen[S]. Peking: China Standards Press, 2013.

ASTM C63313. Standardprüfverfahren für die Haft- oder Kohäsionsfestigkeit von thermischen Spritzbeschichtungen[S]. Peking: China Standards Press, 2013.

ASTM G3121. Standardhandbuch für Immersionskorrosionsprüfungen im Labor[S]. Peking: China Standards Press, 2021.

ASTM G3121. Standardhandbuch für Immersionskorrosionsprüfungen im Labor[S]. Peking: China Standards Press, 2021.

ISO 148:2016.

Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy[S]. Peking: China Standards Press, 2016. ISO 148:2016. Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy[S]. Peking: China Standards Press, 2016.

Standardverfahren zur Durchführung kraftgesteuerter axialer Ermüdungsversuche mit konstanter Amplitude[S]. Peking: China Standards Press, 2015. ASTM E46615. Standardverfahren zur Durchführung kraftgesteuerter axialer Ermüdungsversuche mit konstanter Amplitude[S]. Peking: China Standards Press, 2015.

ASTM E38417. Standardprüfverfahren für die Mikroindruckhärte von Materialien[S]. Peking: China Standards Press, 2017.

ASTM E38417. Standardprüfverfahren für die Mikroindruckhärte von Materialien[S]. Peking: China Standards Press, 2017.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Anhang:

Technologie und Anwendung des thermischen Spritzens von Hartmetall

Die thermische Hartmetallspritztechnologie erzeugt eine hochharte, verschleißfeste und korrosionsbeständige Beschichtung durch Aufsprühen von Hartmetallwerkstoffen (z. B. Wolframkarbid-Legierungen) im geschmolzenen oder halbschmolzenen Zustand auf die Substratoberfläche. Sie findet breite Anwendung in der Luft- und Raumfahrt, der Stahlindustrie, der Automobilindustrie, dem Bergbau und der Energiewirtschaft. Dieser Artikel erläutert systematisch die thermische Hartmetallspritztechnologie und ihre Anwendungen hinsichtlich technischer Prinzipien, Prozessablauf, Beschichtungsleistung, Einfluss geometrischer Parameter, Anwendungsszenarien, Vor- und Nachteilen sowie Entwicklungstrends und bietet eine Referenz für die industrielle Auswahl.

1. Technische Grundlagen und Verfahrensklassifizierung

Hartmetallpulver oder -draht wird durch eine Wärmequelle (z. B. Flamme, Plasma oder Lichtbogen) geschmolzen oder halbschmolzen und mithilfe eines Hochgeschwindigkeitsluftstroms auf die Substratoberfläche gesprüht, um eine dichte Beschichtung zu bilden. Die Beschichtung verbindet sich durch mechanische Verzahnung mit dem Substrat. Die Substratoberfläche schmilzt dabei nicht, und die Wärmewirkung ist gering. Gängige Verfahren sind:

Technologie	Prinzip	Wärmequellentemperatur °C	Partikelgeschwindigkeit m/s	Typische Ausstattung
Flammspritzen	Sauerstoffbrennstoff (Acetylen, Propan) verbrennt und erzeugt eine Flamme, die das Pulver oder den Draht schmilzt, und Druckluft beschleunigt den Strahl.	30003500	40100	Flammspritzpistole
Plasmaspritzen	Der Plasmalichtbogen (Argon, Stickstoff, Wasserstoff) erhitzt das Pulver auf eine hohe Temperatur und sprüht es mit hoher Geschwindigkeit zu einer Beschichtung.	10.00020.000	100400	Plasmaspritzsystem
Hochgeschwindigkeits-Sauerstoff-Kraftstoff HVOF-Spritzen	Der Sauerstoffbrennstoff verbrennt mit hoher Geschwindigkeit und erzeugt einen Überschall-Luftstrom, der eine hochdichte Beschichtung aufsprüht.	30004000	400800	HVOF-Spritzpistole
Lichtbogenspritzen	Zwischen zwei Metalldrähten	40006000	100200	Lichtbogenspritzgeräte

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	entsteht ein Lichtbogen, der das Drahtmaterial schmilzt und den Strahl durch die Druckluft beschleunigt.			
Detonationssprühen DGun	Durch die Sauerstoff-Brennstoff-Verpuffung wird das Pulver sofort beschleunigt und es entsteht eine Beschichtung mit hoher Dichte.	40005000	6001000	Detonationsspritzpistole

2. Thermisches Spritzverfahren mit Hartmetall

Das thermische Spritzverfahren für Hartmetall umfasst mehrere wichtige Schritte, um die Qualität und Leistung der Beschichtung sicherzustellen. Ein typischer Prozess ist:

2.1 Untergrundvorbehandlung

Zweck: Reinigen und Aufräumen der Substratoberfläche und Verbessern der Beschichtungshaftung.
Schritt:

Reinigung: Verwenden Sie zur Ultraschallreinigung organische Lösungsmittel (wie Ethanol, Aceton), um Öl und Verunreinigungen 5–15 Minuten lang zu entfernen.

Sandstrahlen: Sandstrahlen mit Aluminiumoxid- oder Siliziumkarbidsand, Oberflächenrauheit Ra 25 µm, zur Verbesserung der mechanischen Passung.

Plasmareinigung (optional): Beschuss mit Argonplasma zur Entfernung mikroskopischer Oxide.

2.2 Spritzmaterialaufbereitung

Materialien: Hartmetallpulver (z. B. WCCo, WCNi, WCCoCr), Partikelgröße 1050 µm; oder Draht (z. B. auf WCCo-Basis).

bewältigen:

Siebung: Stellen Sie sicher, dass die Pulverpartikelgröße gleichmäßig ist und eine gute Fließfähigkeit aufweist (Durchflussrate 2040 g/s).

Trocknen: Bei 100–150 °C trocknen, um Feuchtigkeit zu entfernen und Spritzfehler zu vermeiden.

2.3 Thermisches Spritzverfahren

Geräteeinrichtung:

Passen Sie die Sprühparameter an: Sprühabstand (100–300 mm), Leistung (2050 kW) und Luftstromdruck (0,5–1,0 MPa).

Wählen Sie das Trägergas (z. B. Argon, Stickstoff) aus, um die Oxidation zu steuern.

Sprühen:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Das Pulver oder der Draht gelangt über das Zufuhrsystem in die Wärmequelle und wird bis zum Schmelzen oder Halbschmelzen erhitzt.

Der Hochgeschwindigkeitsluftstrom (40–1000 m/s) sprüht die geschmolzenen Partikel auf das Substrat, wo sie sich ansammeln und eine Beschichtung mit einer Dicke von 50 µm–12 mm bilden. Steuerung: Roboter- oder automatisierte Systeme steuern die Flugbahn der Spritzpistole, um eine gleichmäßige Beschichtung sicherzustellen (Dickenabweichung < 5 %).

2.4 Nachbearbeitung

Zweck: Optimierung der Oberflächenqualität der Beschichtung, Beseitigung von Spannungen und Verbesserung der Leistung.

Schritt:

Polieren/Schleifen: Mit Diamantschleifscheibe oder Polierpaste die Oberflächenrauheit auf Ra 0,10,4 µm reduzieren.

Wärmebehandlung (optional): Glühen bei 300–600 °C, um Restspannungen abzubauen und Rissbildung zu verhindern.

Qualitätsprüfung: Bestimmung der Porosität (<115%), Härte (HV 800–1400), Haftung (>50 MPa).

3. Leistungsmerkmale der Beschichtung

Thermische Spritzbeschichtungen aus Hartmetall bestehen hauptsächlich aus WCCo, WCNi und WCCoCr und haben hervorragende Eigenschaften:

Leistung	Typischer Wert	veranschaulichen
Härte	HV 8001400 (WCCo bis HV 12001400)	Höher als beim Grundmaterial (z. B. Stahl HRC 2040) ist die Verschleißfestigkeit um das 510-fache erhöht.
Porosität	0,515 % (HVOF < 1 %, Flamspritzen 515 %)	Geringe Porosität (wie HVOF) erhöht die Dichte und verbessert die Korrosionsbeständigkeit.
Haftung	50100 MPa (HVOF kann 80100 MPa erreichen)	Vorwiegend mechanische Verzahnung, hohe Haftung sorgt dafür, dass sich die Beschichtung nicht ablöst.
Verschleißfestigkeit	Verschleißrate 0,0010,01 mm ³ /N·m (ASTM G65)	Die Lebensdauer beträgt das 520-fache des unbeschichteten Substrats und ist für hohe Verschleißbedingungen geeignet.
Korrosionsbeständigkeit	Korrosionsrate <0,02 mm/Jahr (neutraler Salzsprühtest, pH 68)	Die WCCoCr-Beschichtung ist säure- und alkalibeständig (pH 410) und für die Meeresumwelt geeignet.
Temperaturbeständigkeit	400–800 °C (WCCoCr kann 800 °C erreichen)	Geeignet für Arbeitsbedingungen mit hohen Temperaturen (z. B. Flugzeugtriebwerke, Stahllöfen).

4. Einfluss geometrischer Parameter

Thermische Spritzbeschichtungen haben einen erheblichen Einfluss auf die Geometrie von Werkzeugen oder Komponenten (wie Oberflächenrauheit, Dickengleichmäßigkeit) und die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Prozessparameter müssen optimiert werden:

Geometrische Parameter	Auswirkungen des thermischen Spritzens auf Hartmetall	Optimierungsstrategie
Oberflächenrauheit	Der anfängliche Ra-Wert der Beschichtung beträgt 0,55 µm und kann nach der Nachbehandlung auf Ra 0,10,4 µm reduziert werden.	Stellen Sie den Sprühabstand (150–200 mm) und die Partikelgeschwindigkeit (> 400 m/s) ein und polieren Sie anschließend.
Schichtdicke	50 µm12 mm, dicke Beschichtung (z. B. HVOF) ist verschleißfest, dünne Beschichtung (z. B. Plasma) eignet sich für Präzisionsteile.	Kontrollieren Sie die Pulverzufuhr (2050 g/min), die Anzahl der Sprühschichten und die Gleichmäßigkeitsabweichung liegt bei <5 %.
Schneidenradius	Durch die Beschichtung wird der Schneidenradius um 0,01–0,05 mm vergrößert, was sich auf die Schneidenschärfe auswirkt.	HVOF oder Plasmaspritzen dünner Schichten (<100 µm) mit anschließendem Honen der Schneide.
Komplexe Geometrie	Die Gleichmäßigkeit der Beschichtung komplexer gekrümmter Oberflächen (wie etwa Turbinenschaufeln) ist eine große Herausforderung.	Zur Optimierung der Spritzpistolenbahn wird Roboterspritzen eingesetzt und die Winkelabweichung beträgt <2°.

5. Anwendungsszenarien

Thermische Spritzbeschichtungen aus Hartmetall werden aufgrund ihrer hohen Härte und Verschleißfestigkeit in zahlreichen Branchen eingesetzt:

Industrie	Anwendungsszenario	Typische Beschichtung	Leistungsverbesserungen
Luft- und Raumfahrt	Beschichtungen für Turbinenschaufeln, Brennkammern und Fahrwerke sind beständig gegen Oxidation und Verschleiß bei hohen Temperaturen.	WCCo, WCCoCr	Die Lebensdauer ist um das 35-fache verlängert, die Temperaturbeständigkeit beträgt 800°C und die Oberflächengüte beträgt Ra 0,2 µm.
Stahl	Beschichtungen für Walzen, Matrizen und Düsen zum Schutz vor hohen Temperaturen, Verschleiß und Korrosion.	WCNi, WCCoCr	Die Verschleißfestigkeit wird um das 510-fache erhöht und die Ausfallzeit um 2030 % reduziert.
Auto	Beschichtungen für Motorkolben, Kurbelwellen und Bremsscheiben zur Verbesserung der Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit.	WCCo, Cr3C2NiCr	Die Lebensdauer wird um das 24-fache verlängert und der Reibungskoeffizient auf 0,20,4 reduziert.
meins	Beschichtungen für Bohrer, Spitzhacken und Werkzeuge von Tunnelbohrmaschinen zum Schutz vor Stößen und Verschleiß.	WCCo, WCNi	Die Lebensdauer beträgt 500–2000 Stunden und die Effizienz wird um 15–25 % gesteigert.
Energie	Beschichtungen für Kesselrohre, Pumpenventile und Laufräder zum Schutz vor Korrosion und Erosion bei hohen Temperaturen.	WCCoCr, NiCrBSi	Die Korrosionsbeständigkeit wird um das Zehnfache erhöht und die Wartungskosten werden um 30 % gesenkt.

6. Vergleich der Vor- und Nachteile

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Kategorie	Vorteil	Mangel
Thermisches Spritzen von Hartmetall	Hohe Härte (HV 800–1400), 520-fach erhöhte Verschleißfestigkeit. Korrosionsbeständig und hochtemperaturbeständig (400–800 °C). Geeignet für verschiedene Untergründe (Stahl, Kupfer, Aluminium). Dicke Beschichtung (50 µm–12 mm), geeignet für Reparaturen und Verstärkungen.	Porosität (0,515 %) kann die Abdichtung beeinträchtigen. Die Gleichmäßigkeit der Beschichtung komplexer geometrischer Teile ist schwer zu kontrollieren. Hohe Investitionen in Ausrüstung (z. B. HVOF, Plasmaspritzen) sind erforderlich. Nachbearbeitung (z. B. Polieren) erhöht die Kosten.

7. Entwicklungstrends

Trend	Technische Leitung	Erwartete Ergebnisse
Neue Materialien	Nanostrukturierte WCCo-Beschichtung (Körner < 100 nm), Härte auf HV 1500 erhöht, Zähigkeit um 20 % erhöht.	Die Verschleißfestigkeit wird um 30 % erhöht und die Lebensdauer um das Zweifache verlängert.
Prozessverbesserung	Hochgeschwindigkeits-Luft-Kraftstoff-Sprühstrahl (HVOF), Temperatur 1900–2500 °C, Porosität <0,5 %.	Die Beschichtungsdichte wurde um 20 % erhöht und die Kosten um 15 % gesenkt.
Intelligent	Roboterspritzen + KI optimiert die Sprühparameter (Sprühdistanz, Geschwindigkeitsfehler <1 %), um die Gleichmäßigkeit zu verbessern.	Die Konsistenz der Beschichtungsqualität verbesserte sich um 25 % und die Produktionseffizienz stieg um 20 %.
Umwelttechnik	Niedertemperatur-Plasmaspritzen (<500 °C) senkt den Energieverbrauch; ungiftiges Pulver reduziert die Umweltverschmutzung.	Der Energieverbrauch wird um 20 % gesenkt und die Standards für umweltfreundliche Fertigung werden eingehalten.
Verbundbeschichtung	WCCo + Keramik (wie Al ₂ O ₃ , ZrO ₂) Verbundbeschichtung, Temperaturbeständigkeit 1000 °C, Verschleißfestigkeit um 40 % erhöht.	Passen Sie sich anspruchsvolleren Arbeitsbedingungen an und erweitern Sie den Anwendungsbereich um 30 %.

Durch Flamspritzen, Plasmaspritzen, HVOF und andere Verfahren erzeugt die thermische Hartmetallspritztechnologie hochharte (HV 800–1400), verschleißfeste (520-fach höhere Lebensdauer) und korrosionsbeständige Beschichtungen auf Materialien wie WCCo und WCNi, die in der Luft- und Raumfahrt, Stahlindustrie, Automobilindustrie, im Bergbau und in der Energiebranche weit verbreitet sind. Der Prozess umfasst die Vorbehandlung des Substrats, die Materialvorbereitung, das Spritzen und die Nachbehandlung. Durch die Optimierung geometrischer Parameter (wie Oberflächenrauheit Ra 0,1–0,4 µm, Beschichtungsdicke 50 µm–12 mm) kann die Leistung verbessert werden. Nanomaterialien, HVOF, Niedertemperaturverfahren und intelligente Technologien werden künftig Durchbrüche beim thermischen Hartmetallspritzen im Bereich der Hochleistungs- und umweltfreundlichen Fertigung vorantreiben und der Branche effizientere und langlebigere Oberflächenlösungen bieten.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Anhang:

Hartmetall-Laserauftragschweißtechnologie und ihre Anwendungen

Bei der Hartmetall-Laserauftragschweißtechnologie wird ein hochenergetischer Laserstrahl verwendet, um Hartmetallwerkstoffe (wie z. B. Wolframkarbid-Legierungen) zu schmelzen und auf der Substratoberfläche abzuschneiden. Dadurch entsteht eine hochharte, verschleiß- und korrosionsbeständige Beschichtung. Die Technologie findet breite Anwendung in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Energiebranche, dem Bergbau und dem Formenbau.

Plattierungstechnologie und ihre Anwendungen unter den Gesichtspunkten technischer Prinzipien, Prozessablauf, Beschichtungsleistung, Einfluss geometrischer Parameter, Anwendungsszenarien, Vor- und Nachteile sowie Entwicklungstrends, und bietet so eine Referenz für die industrielle Auswahl.

1. Technische Grundlagen und Verfahrensklassifizierung

Laserauftragschweißen ist eine Oberflächenmodifizierungstechnologie, bei der Hartmetallpulver oder -draht mithilfe eines Laserstrahls geschmolzen wird, um eine metallurgisch gebundene Beschichtung mit der Mikroschmelzzone auf der Substratoberfläche zu bilden. Die Beschichtung weist eine geringe Verdünnungsrate (<510 %), eine hohe Dichte (Porosität <1 %) und eine hervorragende Leistung auf. Hartmetall (wie WCCo, WCNi) ist aufgrund seiner hohen Härte und Verschleißfestigkeit ein gängiges Material für das Laserauftragschweißen. Die Prozessklassifizierung umfasst:

Prozesstyp	Prinzip	Lasertyp	Fütterungsmethode	Merkmale
Pulversynchrone Zufuhr	Der Laserstrahl schmilzt das synchron zugeführte Pulver und bildet mit der Substratoberfläche ein Schmelzbad, das schnell abkühlt und eine Beschichtung bildet.	CO ₂ , Faserlaser, Halbleiterlaser	Luftstrom oder mechanische Pulverzufuhr	Hoher Automatisierungsgrad, keine Porosität, geeignet für komplexe Geometrien.
Voreingestellte Pulverbeschichtung	Das Pulver wird vorab auf das Substrat aufgetragen und der Laserstrahl tastet es ab und schmilzt, um eine Beschichtung zu bilden.	Nd:YAG, Faserlaser	Voreingestellte Pulverschicht	Der Vorgang ist einfach, die Gleichmäßigkeit der Beschichtung ist jedoch etwas mangelhaft.
Extrem schnelles Laserauftragschweißen (EHLA)	Ultrahohe Scangeschwindigkeit (>20 m/min), Pulvervorwärmung im Luftstrom und schnelle Abscheidung dünner Schichten.	Halbleiterlaser	Pulverzufuhr mit Hochgeschwindigkeits-Luftstrom	Die Beschichtung ist dünn (20100 μm) und hocheffizient.

Drahtummantelung	Der Laserstrahl schmilzt den Hartmetalldraht und verbindet ihn mit der Substratoberfläche.	Faserlaser, Scheibenlaser	Drahtförderung	Hohe Materialausnutzungsrage, geeignet für großflächige Beschichtung.

2. Laserbeschichtungsverfahren mit Hartmetall

Der Laserauftragschweißprozess umfasst mehrere Schritte, um die Qualität und Leistung der Beschichtung sicherzustellen. Ein typischer Prozess ist wie folgt:

2.1 Untergrundvorbehandlung

Zweck: Reinigen und Aufräumen der Substratoberfläche und Verbessern der Beschichtungshaftung.

Schritt:

Reinigung: Ultraschallreinigung mit Ethanol oder Aceton für 5–15 Minuten zum Entfernen von Öl und Oxiden.

Sandstrahlen: Sandstrahlen mit Aluminiumoxidsand, Oberflächenrauheit Ra 25 µm, zur Verbesserung der mechanischen Passung.

Laserreinigung (optional): Entfernt mikroskopische Verunreinigungen und reduziert die Porosität mithilfe gepulster Laser.

2.2 Spritzmaterialaufbereitung

Material: Hartmetallpulver (z. B. WCCo, WCCoCr, WCNi), Partikelgröße 1050 µm, WC-Gehalt 7090 Gew.-%.

bewältigen:

Siebung: Stellen Sie sicher, dass die Pulverpartikelgröße gleichmäßig ist und eine gute Fließfähigkeit aufweist (Durchflussrate 2040 g/s).

Trocknen: 2 Stunden bei 120–150 °C trocknen, um Feuchtigkeit zu entfernen und Sprühfehler zu vermeiden.

2.3 Laserauftragschweißen

Geräteeinrichtung

Laser: CO₂-Laser (110 kW), Faserlaser (120 kW) oder Halbleiterlaser (210 kW).

Parameter: Laserleistung 15 kW, Scangeschwindigkeit 0,53,5 m/min, Pulverförderrate 1050 g/min, Sprühabstand 1020 mm.

Atmosphäre: Argon- oder Stickstoffschutz zur Vermeidung von Oxidation.

Verkleidung

Der Laserstrahl bildet ein Schmelzbad (Temperatur 10.000–20.000 °C), in das gleichzeitig Pulver oder Draht zugeführt wird.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Das Schmelzbad wird schnell abgekühlt (10^{510^6} K/s), um eine metallurgische Bindungsbeschichtung mit einer Dicke von 0,022 mm zu bilden.

Ein automatisiertes System (z. B. ein Sechs-Achs-Roboter) steuert die Laserbahn mit einer Gleichmäßigkeitsabweichung von $<3\%$.

Prozessoptimierung: Passen Sie Laserleistung, Scangeschwindigkeit und Pulverzufuhrrate an, um die Verdünnungsrate ($<10\%$) und Porosität ($<1\%$) zu steuern.

2.4 Nachbearbeitung

Zweck: Optimierung der Oberflächenqualität der Beschichtung und Beseitigung von Spannungen.
Schritt:

Polieren/Schleifen: Verwenden Sie eine Diamantschleifscheibe, um die Oberflächenrauheit auf $Ra\ 0,050,2\ \mu m$ zu reduzieren.

Wärmebehandlung (optional): Glühen bei $400\text{--}600\ ^\circ C$, um Restspannungen abzubauen und Rissbildung zu verhindern.

Qualitätsprüfung: mikroskopische Prüfung auf Porosität, Kratztest auf Haftung ($>50\ MPa$), Härteprüfung (HV 8001400).

3. Leistungsmerkmale der Beschichtung

Bei den Laserauftragschweißbeschichtungen aus Hartmetall handelt es sich hauptsächlich um WCCo und WCNi mit hervorragenden Eigenschaften:

Leistung	Typischer Wert	veranschaulichen
Härte	HV 8001400 (WCCo bis HV 12001400)	Höher als beim Grundmaterial (z. B. Stahl HRC 2040) ist die Verschleißfestigkeit um das 515-fache erhöht.
Porosität	$<1\%$ (EHLA kann $0,30,5\%$ erreichen)	Geringe Porosität verbessert die Beschichtungsdichte und Korrosionsbeständigkeit.
Haftung	$50100\ MPa$ (metallurgische Bindung)	Es ist dem thermischen Spritzen (mechanisches Verbinden) überlegen und weist eine starke Anti-Stripping-Leistung auf.
Verschleißfestigkeit	Verschleißrate $0,0010,005\ mm^3/N\cdot m$ (ASTM G65)	Die Lebensdauer beträgt das 515-fache des Substrats und ist für hohe Verschleißbedingungen geeignet.
Korrosionsbeständigkeit	Korrosionsrate $<0,01\ mm/Jahr$ (neutraler Salzsprühtest, pH 68)	Die WCCoCr-Beschichtung ist säure- und alkalibeständig (pH 410) und für die Meeresumwelt geeignet.
Temperaturbeständigkeit	$500\text{--}900\ ^\circ C$ (WCCoCr kann $900\ ^\circ C$ erreichen)	Geeignet für Arbeitsbedingungen mit hohen Temperaturen (z. B. Flugzeugtriebwerke, Formen).

4. Einfluss geometrischer Parameter

Das Laserauftragsschweißen hat einen erheblichen Einfluss auf die geometrischen Parameter von Werkzeugen oder Bauteilen (wie Oberflächenrauheit und Schichtdicke), und die Prozessparameter

müssen optimiert werden:

Geometrische Parameter	Auswirkungen des Laser-Auftragschweißens	Optimierungsstrategie
Oberflächenrauheit	Der anfängliche Ra-Wert beträgt 0,52 µm und kann nach der Nachbehandlung auf Ra 0,050,2 µm reduziert werden.	Erhöhen Sie die Scangeschwindigkeit (>1,5 m/min), optimieren Sie die Laserleistung (<3 kW) und polieren Sie anschließend.
Schichtdicke	0,022 mm, dünne Beschichtung (EHLA) eignet sich für Präzisionsteile, dicke Beschichtung eignet sich für verschleißfeste Teile.	Kontrollieren Sie die Pulverzufuhrrate (1030 g/min), die Anzahl der Schichten und die Dickenabweichung <3 %.
Schneidenradius	Durch die Beschichtung wird der Schneidenradius um 0,0050,03 mm vergrößert und dadurch die Schneidenschärfe beeinflusst.	Verwenden Sie EHLA oder eine Dünnschichtbeschichtung (<50 µm) und schärfen Sie anschließend die Schneide.
Komplexe Geometrie	Die Gleichmäßigkeit der Beschichtung komplexer gekrümmter Oberflächen (wie etwa Turbinenschaufeln) ist eine große Herausforderung.	Durch die koaxiale Pulverzufuhr und die Robotersteuerung der Flugbahn beträgt die Winkelabweichung <1°.

5. Anwendungsszenarien

Aufgrund ihrer hohen Leistung werden Laserauftragschweißbeschichtungen aus Hartmetall in vielen Branchen eingesetzt:

Industrie	Anwendungsszenario	Typische Beschichtung	Leistungsverbesserungen
Luft- und Raumfahrt	Reparatur von Turbinenschaufeln, Brennkammern und Fahrwerken, um Verschleiß und Korrosion durch hohe Temperaturen zu verhindern.	WCCo, WCCoCr	Die Lebensdauer ist um das 36-fache verlängert, die Temperaturbeständigkeit beträgt 900°C und die Oberflächengüte beträgt Ra 0,1 µm.
Auto	Beschichtungen für Brems Scheiben, Kurbelwellen und Formen verringern Verschleiß und Feinstaubemissionen.	WCCo, WCNi	Die Verschleißfestigkeit wird um das 510-fache erhöht und die Feinstaubemissionen um 3050 % reduziert.
Energie	Beschichtungen für Kesselrohre, Pumpen und Ventile sowie Bohrwerkzeuge zum Schutz vor Erosion und Korrosion.	WCCoCr, NiCrBSi	Die Korrosionsbeständigkeit wird um das Zehnfache erhöht und die Wartungskosten werden um 2030 % gesenkt.
meins	Beschichtungen für Bohrer, Spitzhacken und Werkzeuge von Tunnelbohrmaschinen zum Schutz vor Stößen und Verschleiß.	WCCo, WCNi	Lebensdauer 500–2000 Stunden, Effizienzsteigerung um 20 %.
Formenbau	Die Oberfläche von Stanz- und Spritzgussformen wird verstärkt, um ihre Lebensdauer zu verlängern.	WCCo, Stellite 6	Die Lebensdauer der Form wird um das 25-fache verlängert und die Oberflächenhärte beträgt HV 1000–1200.

Beispiele:

Bremsscheibenbeschichtung: Die WCCo-Beschichtung wird im EHLA-Verfahren mit einer Dicke von 50100 μm hergestellt, wodurch die Feinstaubemission um 40 % reduziert und die Verschleißfestigkeit um das 5-fache erhöht wird, wodurch sie besser ist als eine herkömmliche Verchromung (Web-ID 3).

Reparatur von Turbinenschaufeln: WCCoCr-Beschichtung, Härte HV 1200, Temperaturbeständigkeit 900°C, Lebensdauer um das 3-fache verlängert, Reparaturkosten um 50 % reduziert (Web-ID 4, 5).

6. Vergleich der Vor- und Nachteile

Kategorie	Vorteil	Mangel
Hartmetall-Laserauftragschweißen	Hohe Härte (HV 800–1400), 515-fach erhöhte Verschleißfestigkeit. Metallurgische Bindung, starke Haftung (50–100 MPa). Geringe Verdünnungsrate (<10 %), die Matrixeigenschaften bleiben unverändert. Geeignet für komplexe Geometrien und Reparaturen mit hohem Automatisierungsgrad.	Die Ausrüstungskosten sind hoch (Laserinvestition 100,5 Millionen Yuan). Hohe Präzision ist erforderlich, und es werden Fachkräfte benötigt. Die Schichtdicke ist begrenzt (<2 mm) und nicht für ultradicke Beschichtungen geeignet. Es können Mikrorisse auftreten, und die Parameter müssen optimiert werden.

7. Entwicklungstrends

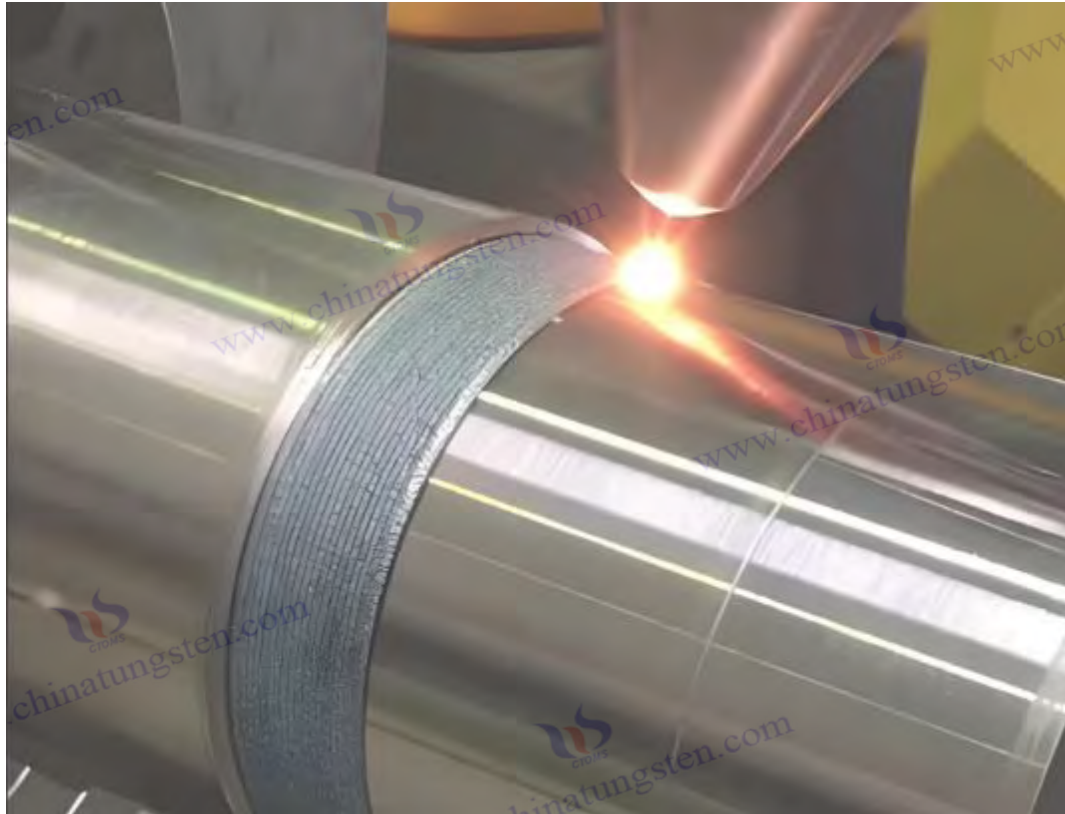
Trend	Technische Leitung	Erwartete Ergebnisse
Neue Materialien	Nano-WCCo-Beschichtung (Körner <50 nm), Härte HV 1500, Zähigkeit um 30 % erhöht.	Die Verschleißfestigkeit wird um 40 % erhöht und die Lebensdauer um das Zweifache verlängert.
Prozessverbesserung	EHLA-Verfahren, Scangeschwindigkeit 50100 m/min, Schichtdicke 20100 μm .	Die Effizienz wurde um 50 % gesteigert und die Kosten um 20 % gesenkt.
Intelligent	KI optimiert die Plattierungsparameter (Leistungs- und Geschwindigkeitsfehler <1 %) und überwacht die Dynamik des Schmelzbads in Echtzeit.	Die Konsistenz der Beschichtungsqualität wird um 30 % verbessert und die Fehlerrate um 50 % reduziert.
Umwelttechnik	Grüner Laser (20 % geringerer Energieverbrauch), ungiftiges Pulver, reduzierte Abgasemissionen.	Halten Sie die Standards der umweltfreundlichen Fertigung ein und reduzieren Sie die Umweltverschmutzung um 30 %.
Verbundbeschichtung	WCCo + Hochentropielegierung (CoCrFeMnNi), Temperaturbeständigkeit 1000 °C, Korrosionsbeständigkeit um 50 % erhöht.	Passen Sie sich extremen Arbeitsbedingungen an und erweitern Sie den Anwendungsbereich um 40 %.

8. Fazit

Die Laserauftragschweißtechnologie für Hartmetall nutzt synchrone Pulverzufuhr, vorhärtendes Pulver, EHLA und andere Verfahren, um hochharte (HV 800–1400), verschleißfeste (515-fach höhere Lebensdauer) und korrosionsbeständige Beschichtungen auf Materialien wie WCCo und WCNi zu erzeugen. Sie findet breite Anwendung in der Luft- und Raumfahrt, der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Automobilindustrie, der Energiebranche, dem Bergbau und dem Formenbau. Der Prozess umfasst die Vorbehandlung des Substrats, die Materialvorbereitung, das Auftragschweißen und die Nachbehandlung. Durch die Optimierung geometrischer Parameter (wie Oberflächenrauheit Ra 0,050,2 μm und Dicke 0,022 mm) kann die Leistung verbessert werden. Verglichen mit dem thermischen Spritzen bietet das Laserauftragschweißen die Vorteile der metallurgischen Bindung, der geringen Verdünnungsrate und der präzisen Steuerung, die Anlagenkosten sind jedoch höher. Nanomaterialien, EHLA, Intelligenz und grüne Technologien werden künftig Durchbrüche im Laserauftragschweißen für Hartmetall im Bereich der leistungsstarken und umweltfreundlichen Fertigung vorantreiben und der Industrie effiziente und zuverlässige Oberflächenlösungen bieten.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Anhang:



Was sind Hartmetall-Kugelzähne?

Hartmetall-Kugelzähne sind leistungsstarke, verschleißfeste Komponenten mit Wolframkarbid (WC) als Kernmaterial. Sie werden durch fortschrittliche pulvermetallurgische Verfahren hergestellt und sind für industrielle Umgebungen mit hohem Verschleiß, hoher Stoßbelastung und Korrosion konzipiert. Dank ihrer hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit finden Hartmetall-Kugelzähne breite Anwendung im Bergbau, Tunnelbau, Bauwesen, der Energiegewinnung, dem Straßenbau und anderen Bereichen. Sie widerstehen abrasivem Verschleiß und Stoßbelastungen unter extremen Arbeitsbedingungen effektiv, verlängern die Lebensdauer von Anlagenkomponenten deutlich und reduzieren die Wartungshäufigkeit. Dieser Artikel stellt die Leistung und den Nutzen von Hartmetall-Kugelzähnen umfassend vor und beleuchtet Materialeigenschaften, Typen und technische Indikatoren, Herstellungsverfahren, Einsatz- und Anwendungsszenarien, Produktvorteile, technische Herausforderungen und Verbesserungsvorschläge.

1. Materialzusammensetzung und Eigenschaften von Hartmetall-Kugelzähnen

1.1 Materialzusammensetzung des Hartmetall-Kugelzahnrad

Die Formel der Hartmetall-Knopfzähne ist präzise darauf ausgelegt, das optimale Gleichgewicht zwischen Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu erreichen:

Harte Phase

Wolframkarbid (WC, 80–95 %) sorgt für extrem hohe Härte und Verschleißfestigkeit. Einige Formeln sind mit Titankarbid (TiC, 15 %) oder Tantalkarbid (TaC, 0,5–2 %) dotiert, um die Hochtemperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Klebephase

Kobalt (Co, 5–15 %) verbessert die Zähigkeit und Schlagfestigkeit; Nickel (Ni, 5–10 %) wird in korrosionsbeständigen Formulierungen verwendet, die für saure oder feuchte Umgebungen geeignet sind.

Zusatzstoff

Spuren von Chrom (Cr, 0,1–1 %), Vanadium (V, 0,05–0,5 %) und Molybdän (Mo, 0,1–0,8 %) werden verwendet, um die Körner zu verfeinern, das Kornwachstum zu hemmen und die Korrosionsbeständigkeit sowie die Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen zu verbessern.

1.2 Wichtige Eigenschaften von Hartmetall-Kugelgetrieben

Die Leistungsfähigkeit von Hartmetall-Knopfzähnen beruht auf ihrer optimierten Mikrostruktur und Materialzusammensetzung:

Härte

HRA 86 – 92 (HV 1200 – 1700) übertrifft Manganstahl (HRC 20 – 50) oder Chromgusseisen (HRC 50 – 60) bei weitem und ist geeignet, hohem abrasiven Verschleiß standzuhalten.

Bruchzähigkeit

6,5 - 10 MPa·m^{1/2}, besser als gewöhnliches Hartmetall (57 MPa·m^{1/2}), und die Schlagbruchfestigkeit ist um 30 % verbessert.

Verschleißfestigkeit

Die Verschleißrate beträgt 0,01 – 0,02 mm³/N·m (ASTM G65), ist also 1,52-mal niedriger als bei hochchromhaltigem Gusseisen und die Lebensdauer ist um das 310-fache verlängert.

Druckfestigkeit

4000 – 6000 MPa, beständig gegen hohe Stoßbelastungen (bis 5000 N).

Dichte

13,8 – 15,2 g/cm³, mittleres Gewicht, geeignet für Inlays oder zum Löten.

Korrosionsbeständigkeit

In einer neutralen oder leicht sauren Umgebung (pH 4–9) beträgt die Korrosionsrate <0,07 mm/Jahr; Formulierungen oder Beschichtungen auf Nickelbasis können einem pH-Wert von 11 mit einer Korrosionsrate von <0,05 mm/Jahr standhalten.

Temperaturbeständigkeit

Die Betriebstemperatur reicht von 20 °C bis 800 °C und die Beschichtungsformel kann Kurzzeitemperaturen von 1000 °C standhalten, sodass sie für Verschleißszenarien bei hohen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Temperaturen geeignet ist.

1.3 Mikrostrukturelle Vorteile von Hartmetall-Kugelzähnen

Die Hartmetall-Kugelzähne weisen eine Feinkornstruktur (0,52 Mikron) oder eine Ultrafeinkornstruktur (0,20,5 Mikron) auf, was die folgenden Vorteile mit sich bringt:
Hohe Härte und Festigkeit: Kleine Körner erhöhen die Korngrenzendichte, folgen dem Hall-Petch-Effekt und verbessern die Verschleißfestigkeit.
Hervorragende Zähigkeit: Durch die Kornverfeinerung werden Spannungen abgebaut, das Risiko der Rissausbreitung verringert und die Schlagfestigkeit um 20–30 % verbessert.
Verschleißfestigkeit und Stabilität: Reduzieren Sie den Verschleiß, erhalten Sie die Oberflächenintegrität und verlängern Sie die Lebensdauer.

2. Typen und technische Indikatoren von Hartmetall-Kugelzähnen

Es gibt viele Arten von Hartmetall-Knopfzähnen mit unterschiedlichen geometrischen Formen und Einsatzmöglichkeiten. Nachfolgend finden Sie eine umfassende Klassifizierung, technische Indikatoren und eine Anwendungstabelle (siehe ISO-Normen, ASTM-Spezifikationen und Herstellerangaben).

2.1 Arten und Anwendungen von Hartmetall-Kugelzähnen

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Kugelzähne	Standardmäßiges Kugeldesign mit großer Kontaktfläche, geeignet für hohe Verschleißbedingungen.	Zum Abbau von Gestein, Kohleflözen und Kies werden Teilschnittmaschinen (Schildschneidköpfe), Drehbohrgeräte (Pfahlgründungen) und Kohlebergbaumaschinen (Schneidmaschinen) eingesetzt.	Durchmesser 830 mm, Höhe 1040 mm, HRA 8689, Lebensdauer 2000-6000 Stunden.
Konische Zähne	Konische Spitze, starke Durchschlagskraft, geeignet zum Zerkleinern von hartem Gestein.	Gesteinsbohrhämmer (Bohren in hartem Gestein), Tunnelbohrmaschinen (harte Schichten), Drehbohrgeräte (Pfahlgründungen in Felsschichten), die zum Abbau von Granit und Basalt verwendet werden.	Durchmesser 625 mm, Höhe 1550 mm, HRA 8992, Lebensdauer 1000-4000 Stunden.
Keilförmige Zähne	Keilförmige Schneide für hohe Schlag- und Scherbelastungen.	Kohlebergbaumaschine (Kohleflözschneiden), Tunnelbohrmaschine (Weichgestein), Straßenfräsmaschine (Asphaltschicht), verwendet zum Fräsen von Kohleflözen, Weichgestein und Asphalt.	Durchmesser 1030 mm, Höhe 1540 mm, HRA 8689, Lebensdauer 15005000 Stunden.
Flache Zähne	Flaches Design, hohe Verschleißfestigkeit, geeignet für Umgebungen mit Dauerbelastung.	Teilschnittmaschinen (Ton- und Sandschichten), Drehbohrgeräte (Pfahlgründungen in weichem Boden), Kohlebergbaumaschinen (dünne	Durchmesser 1035 mm, Höhe 1035 mm, HRA 8689, Lebensdauer

		Kohleflöze), die für Aushubarbeiten in Ton, Kies und weichem Boden verwendet werden.	2000-6000 Stunden.
Zylindrische Zähne	Die zylindrische Struktur bietet ein Gleichgewicht zwischen Verschleißfestigkeit und Zähigkeit und eignet sich für mittelharte Formationen.	Für den Sandstein- und Schieferabbau werden Teilschnittmaschinen (mittelhartes Gestein), Drehbohrgeräte (gemischte Schichten) und Kohlebergbaumaschinen (mittelharte Kohleflöze) eingesetzt.	Durchmesser 825 mm, Höhe 1540 mm, HRA 8790, Lebensdauer 2000-5000 Stunden.
Pilzzähne	Halbkugelförmige Oberseite, starke Schlagfestigkeit, geeignet für hochfrequente Stöße.	Gesteinsbohrhämmer (Aufprall auf hartes Gestein), Tunnelbohrmaschinen (Störungszone), Kohlebergbaumaschinen (hartes Ganggestein), die zum Abbau von hartem Gestein und Ganggestein-Kohleflözen verwendet werden.	Durchmesser 620 mm, Höhe 1535 mm, HRA 8992, Lebensdauer 1000-4000 Stunden.
Kugelhähne für Spitzhacke	Speziell für Meißelzähne entwickelt, um die Schneidleistung und Verschleißfestigkeit zu optimieren.	Für den Abbau von Kohleflözen und Kohle-Gesteins-Mischschichten werden Kohlebergbaumaschinen (umfassender Kohlebergbau), Teilschnittmaschinen (Kohle-Gesteins-Mischschichten) und Ankerbagger (Tunnelvortrieb) eingesetzt.	Durchmesser 1030 mm, Höhe 1540 mm, HRA 8689, Lebensdauer 2000-6000 Stunden.
Rotierende Grabzähne	Speziell für Drehbohranlagen konzipiert, geeignet für eine Vielzahl von Formationen.	Drehbohrgeräte (Pfahlgründungsbau), Grundbau (Brücken, U-Bahnen), werden für Pfahlgründungen in Ton, Kies, Weichgestein und Hartgestein verwendet.	Durchmesser 1035 mm, Höhe 2050 mm, HRA 8790, Lebensdauer 1500-5000 Stunden.
Fräszähne	Optimiert die Fräsleistung und eignet sich für Straßenreparaturen.	Straßenfräsen (Asphalt, Betonfahrbahn), Kaltrecycler (Fahrbahnsanierung), werden zum Fräsen von Asphalt und Beton eingesetzt.	Durchmesser 825 mm, Höhe 1535 mm, HRA 8689, Lebensdauer 1000-4000 Stunden.
Imlochbohrzähne	Hochfeste Ausführung, geeignet zum Tiefloch-Schlagbohren.	Imlochbohren (Bergbausprennung), geologische Erkundung (Kernprobenentnahme), Tunnelbau (Hartgestein), wird zum Bohren in Granit und Basalt verwendet.	Durchmesser 620 mm, Höhe 1540 mm, HRA 8992, Lebensdauer 1000-3000 Stunden.
Kegelbohrzähne	Speziell für Drehbohrer entwickelt, um extremen Stößen und Abrieb standzuhalten.	Ölbohrungen (Tiefbohrungen), Erdgasexploration (harte Formation), Bergbau (hartes Gestein), verwendet für Hartgesteins- und Schieferbohrungen.	Durchmesser 825 mm, Höhe 1035 mm, HRA 8992, Lebensdauer 1000-4000 Stunden.
Schildschneiderzähne	Speziell für Schildmaschinen konzipiert, geeignet für komplexe Schichten.	Für den Tunnelbau in Ton, Kies, Weichgestein und Hartgestein werden Schildmaschinen (U-Bahnen, Tunnel) und Teilschnittmaschinen (städtische Untertageprojekte) eingesetzt.	Durchmesser 1030 mm, Höhe 1540 mm, HRA 8790, Lebensdauer 2000-6000 Stunden.

2.2 Technische Indikatoren für Hartmetall-Kugelräder

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Größe

Durchmesser: 6 – 35 mm (üblich sind 8 – 30 mm).

Höhe: 10 – 50 mm (üblich sind 15 – 40 mm).

Toleranz: $\pm 0,05$ mm (hochpräzise Bearbeitung).

Gewicht

Einzelstück 0,05 - 0,5 kg, geeignet zum Einlegen oder Löten.

Oberflächenrauheit:

Ra 0,4 – 1,2 μm , reduziert Materialhaftung und Reibung.

Härtegrad:

Standard: HRA 86 – 89 (Allgemeiner Tunnelbau, Kohlebergbau).

Hohe Härte: HRA 89 – 92 (Hartgestein, Ölbohrungen).

Materialformel:

WCCo (Allzweck): Kobaltgehalt 6 – 12 %, HRA 87 – 91, hohe Zähigkeit.

WCNi (korrosionsbeständiger Typ): Nickelgehalt 5 – 10 %, beständig gegenüber sauren und alkalischen Umgebungen.

WCTiCTaC (Hochtemperaturtyp): Temperaturbeständigkeit 800 – 1000 °C.

Schlagfrequenz:

50 - 150 Hz (Gesteinsbohren, Imlochbohren).

10 – 50 Hz (Tunnelbau, Kohlebergbau).

Installationsmethode:

Löten: Hochtemperlöten (900 – 1100 °C), Verbindungsfestigkeit >200 MPa.

Mechanische Montage: Kalt- oder Heißpressen, Montagezeit <10 Minuten.

Bolzenbefestigung: für abnehmbare Teile.

Oberflächenbehandlung:

Polieren: Ra 0,20,8 μm , verbesserte Ermüdungsbeständigkeit.

Beschichtung:

TiN: Härte HV 2000 – 2500, Verschleißfestigkeit um das Zweifache erhöht.

TiAlN: Temperaturbeständig bis 900 °C, geeignet für Hochtemperaturaushubarbeiten.

AlCrSi/TiN: Temperaturbeständigkeit 1000 °C, Lebensdauer 3-fach verlängert.

DLC: Reibungskoeffizient 0,10,2, geeignet für Schotterformationen.

Arbeitsparameter:

Arbeitsdruck: 10 - 100 MPa (Aushub, Bohren).

Drehzahl: 50 - 300 U/min (Teilschnittmaschinen, Drehbohrgeräte).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schlagenergie: 100 – 500 J (Gesteinsbohren, Imlochbohren).

Einhaltung von Standards:

Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.

ASTM B771 (Verschleißtest), ISO 3878 (Härtetest).

3. Herstellungsprozess

Das Hartmetall-Kugelrad wird mithilfe modernster Pulvermetallurgie-Technologie hergestellt, um sicherzustellen, dass die Materialeigenschaften, die geometrische Genauigkeit und die Oberflächenqualität höchsten Standards entsprechen.

3.1 Rohstoffaufbereitung

Es werden hochreines Wolframkarbid (WC, Reinheit > 99,95 %), Kobalt (Co, Reinheit > 99,9 %) und Additive (wie TiC, TaC, Cr) ausgewählt. Das Pulver wird durch ein Nassmahlverfahren (Alkohol oder deionisiertes Wasser, Kugelmahlen für 2472 Stunden) gemischt, wobei die durchschnittliche Partikelgröße auf 0,21 µm festgelegt wird. VC oder Cr₃C₂ (0,10,5 %) wird als Korninhibitor hinzugefügt, um Kornwachstum beim Hochtemperaturesintern zu verhindern.

3.2 Umformen

Sprühtrocknung: Bereiten Sie fließfähige Partikel vor und verbessern Sie die Gleichmäßigkeit und Festigkeit von Grünkörpern.

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Das Pulver wird bei 200 – 400 MPa zu einem Grünkörper mit einer Dichte von 50–60 % des theoretischen Wertes gepresst.

Präzisionsformen: Hochpräzise Formen (Toleranz $\pm 0,1$ mm) werden zum Formen von Kugeln, Kegeln oder anderen geometrischen Formen verwendet.

3.3 Sintern

Vorsintern

900 – 1100°C, Entfernung organischer Zusätze.

Heißisostatisches Pressen (HIP)

1350 – 1500 °C, 100 – 200 MPa, Argonatmosphäre, Sintern für 24 Stunden, Dichte 99,8 – 100 %.

Kühlregelung

Allmähliches Abkühlen (1020 °C/min), um durch thermische Spannung verursachte Mikrorisse zu vermeiden.

3.4 Nachbearbeitung

Präzisionsschleifen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Verwenden Sie eine Diamantschleifscheibe oder ein CBN-Werkzeug, um eine Toleranz von $\pm 0,05$ mm und eine Oberflächenrauheit von $Ra\ 0,41,2\ \mu m$ zu erreichen.

Oberflächenverstärkung

Durch Sandstrahlen, Polieren oder Beschichten (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) werden Verschleiß- und Hitzebeständigkeit verbessert.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: HRA/HV, Fehler $\pm 0,5$.

Mikrostrukturanalyse: Mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurde die Korngröße ($0,22\ \mu m$) untersucht.

Dimensionsmessung: dreidimensionales Messgerät, Genauigkeit $\pm 0,005$ mm.

Zerstörungsfreie Prüfung: Ultraschallprüfung zur Feststellung innerer Defekte.

4. Zweck und Anwendungsszenarien

Hartmetall -Kugeln werden aufgrund ihrer hervorragenden Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit häufig in den folgenden Bereichen und Szenarien eingesetzt:

4.1 Bergbau und Steinbruchbetrieb

Hartmetall-Meißel für Tunnelbohrmaschinen

Wird für Schneidköpfe von Tunnelbohrmaschinen zum Bohren von Sandstein, Schiefer und Granit verwendet, hat eine Lebensdauer von 2.000 bis 6.000 Stunden und eine Wartungsperiode von 1224 Monaten und wird in Tagebau- und Untertagebergwerken eingesetzt.

Hartmetall-Meißel für Kohlebergbaumaschinen

Wird für den umfassenden Kohlebergbau verwendet, zum Schneiden von Kohleflözen und Gangart, mit einer Lebensdauer von 2000 - 6000 Stunden, geeignet für den Strebbau und den Abbau dünner Kohleflöze.

Hartmetall-Gesteinsbohren und Imlochbohren

Wird in Gesteinsbohrern und Imlochbohrern zum Bohren von Hartgestein und Basalt verwendet, hat eine Lebensdauer von 1000–4000 Stunden und wird bei der Sprengung von Minen und bei geologischen Erkundungen eingesetzt.

Hartmetall-Rollenbohrer

Wird für Öl- und Gasbohrungen sowie zum Bohren von Hartgestein und Schiefer verwendet, mit einer Lebensdauer von 1000–4000 Stunden, geeignet für Tiefbrunnenbohrungen.

4.2 Tunnel- und Grundbau

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartmetall-Schild-Maschinenschneider

Wird für den U-Bahn- und Tunnelaushub sowie zum Schneiden von Ton, Kies, Weich- und Hartgestein verwendet, hat eine Lebensdauer von 2.000 bis 6.000 Stunden und wird bei städtischen Untergrundprojekten eingesetzt.

Hartmetall-Drehbohrgerät-Pfahlgründungskugelhähne

Wird für den Bau von Brücken- und U-Bahn-Pfahlfundamenten sowie zum Aushub von Ton-, Kies- und Felsformationen verwendet, mit einer Lebensdauer von 1500 - 5000 Stunden, geeignet für komplexe Formationen.

Hartmetall-Bolter-Tunnelbohrer-Kugelhähne

Wird für Kohlebergbaustrecken, Tunnelaushub und das Schneiden von Kohle-Gestein-Mischschichten verwendet, mit einer Lebensdauer von 2000–5000 Stunden.

4.3 Hoch- und Straßenbau

Straßenfräsmaschine

Wird zum Fräsen von Asphalt- und Betonbelägen verwendet, hat eine Lebensdauer von 1.000 bis 4.000 Stunden und wird bei der Reparatur von Autobahnen und Start- und Landebahnen von Flughäfen eingesetzt.

Kaltrecyclingmaschine

Wird zur Straßensanierung und zum Schneiden alter Straßenmaterialien verwendet, mit einer Lebensdauer von 1500 - 4000 Stunden, geeignet für die Straßeninstandhaltung.

Betonzerkleinerung

Wird zum Rückbau von Stahlbetonkonstruktionen verwendet, hat eine Lebensdauer von 1000 – 3000 Stunden und wird beim Gebäudeabbruch eingesetzt.

4.4 Energie und geologische Exploration

Öl- und Gasbohrungen

Wird für Rollenbohrmeißel zum Bohren von Hartgestein und Schiefer verwendet, hat eine Lebensdauer von 1.000 bis 4.000 Stunden und wird in Tiefbrunnen und Horizontalbrunnen eingesetzt.

Geologische Erkundung

Wird für Kernproben und Bohrungen in Granit und Basalt verwendet, mit einer Lebensdauer von 1.000 bis 3.000 Stunden, geeignet für die Mineralexploration.

Geothermiebohrungen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Wird zum Bohren geothermischer Brunnen und zum Schneiden von Hochtemperaturformationen verwendet, mit einer Lebensdauer von 1000 – 4000 Stunden und einer Temperaturbeständigkeit von 800 °C.

4.5 Weitere besondere Zwecke

Hafen- und Schiffstechnik

Wird in Baggergeräten zum Schneiden von Kies und Ton am Meeresboden verwendet, hat eine Lebensdauer von 2.000 bis 5.000 Stunden, ist beständig gegen Seewasserkorrosion (pH 68) und wird zum Ausbaggern von Wasserstraßen eingesetzt.

Forst- und Landwirtschaft

Wird in Holzbrechern, Bodenbearbeitungsgeräten, zum Schneiden von Hartholz und Kies verwendet. Lebensdauer 1500–4000 Stunden, geeignet für Forstarbeiten und Landgewinnung.

Bahnbau

Wird in Schotterbrechern zum Schneiden von Schotter und Gestein verwendet, hat eine Lebensdauer von 2.000 bis 5.000 Stunden und wird im Hochgeschwindigkeitsbahnbau eingesetzt.

5. Produktvorteile

Hartmetall-Knopfzähne sind aufgrund ihrer hervorragenden Leistung führend auf dem Markt für verschleißfeste Komponenten:

Ultralange Lebensdauer

Verschleißfestigkeit und Härte verlängern die Lebensdauer um das 310-fache und reduzieren die Kosten pro Verwendung um 3060 %.

Effizientes Schneiden

Unterstützt hohe Schlagkraft (100–500 J) und Rotationsgeschwindigkeit (50–300 U/min) und erhöht so die Grableistung um 2050 %.

Hohe Zuverlässigkeit

Druckfestigkeit von 4000–6000 MPa, widersteht extremen Stößen und Verschleiß, reduziert Ausfallzeiten der Geräte.

Flexible Anpassung

Verschiedene Typen (kugelförmig, kegelförmig, keilförmig usw.), Größen (Durchmesser 635 mm) und Beschichtungen (TiN, TiAlN) für unterschiedliche Arbeitsbedingungen.

Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

Hohe Temperaturbeständigkeit (800 – 1000 °C), Korrosionsbeständigkeit (pH 210), anpassungsfähig an hartes Gestein, Ton und feuchte Umgebung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Grüne Fertigung

Durch die hohe Haltbarkeit werden der Austausch von Teilen und Abfall reduziert, wodurch die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung erfüllt werden.

6. Technische Herausforderungen und Verbesserungsvorschläge

6.1 Technische Herausforderungen

Verarbeitungsschwierigkeiten

Hartmetall weist eine hohe Härte (HRA 8692) auf, die extrem hohe Anforderungen an Bearbeitungsgeräte und Werkzeuge stellt. Diamantschleifscheiben oder CBN-Werkzeuge verschleissen schnell und es ist schwierig, die Bearbeitungsgenauigkeit (Toleranz $\leq \pm 0,05$ mm) zu stabilisieren.

Fragilitätsrisiko

Bei Materialien mit hoher Härte kann es bei starker Einwirkung (> 500 J) oder unsachgemäßer Installation zu Mikrorissen oder Brüchen kommen, was ihre Lebensdauer beeinträchtigt.

Probleme mit dem Wärmemanagement

Tunneln bei hohen Temperaturen (> 800 °C) kann insbesondere in harten Gesteinsformationen zu einer Erweichung der Bindephase oder zum Abplatzen der Beschichtung führen.

Anpassungsfähigkeit an komplexe Formationen

Gemischte Formationen (Ton, Hartgestein, Kies) stellen hohe Anforderungen an die Geometrie und die Materialien der Kugelzähne und neigen zu schnellem Verschleiß oder Bruch.

Einschränkungen durch extreme Arbeitsbedingungen

Bei extrem hohen Temperaturen (> 1000 °C) oder in einer stark sauren Umgebung (pH-Wert < 2) verschlechtert sich die Leistung herkömmlicher Beschichtungen und Bindungsphasen und die Lebensdauer verkürzt sich um 50–70 %.

6.2 Technische Verbesserungsrichtung

Fortschrittliche Verarbeitungstechnologie

Entwickeln Sie Laser-Mikrobearbeitung und Elektrofunkensbearbeitung mit einer Genauigkeit von $\pm 0,03$ mm, einer 30 % geringeren Werkzeugabnutzung und geeignet für komplexe Geometrien (wie etwa konische und keilförmige Zähne).

Robustes Design

Durch die Verwendung einer Gradientenstruktur (hohe Oberflächenhärte HRA 90 – 92, hohe innere Zähigkeit, Bruchzähigkeit > 10 MPa·m^{1/2}) oder einer CoNi-Verbundbindungsphase wird die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Schlagfestigkeit um 20 – 30 % verbessert und das Risiko einer Rissbildung verringert.

Effizientes Wärmemanagement

Entwickeln Sie adaptive Beschichtungen (wie TiAlN/AlCrSi, Temperaturbeständigkeit 1100 °C, Dicke 25 µm), um die thermische Erweichung zu verringern. Optimieren Sie das Wärmeableitungsdesign des Zahnradkörpers, um die Betriebstemperatur um 100–150 °C zu senken.

Komplexe Formationsoptimierung

Entwerfen Sie eine multifunktionale Geometrie (wie Kugel-Kegel-Verbundzähne, Schnittwinkel optimiert auf 15°30°), um die Anpassungsfähigkeit beim Wechsel zwischen Kies und hartem Gestein zu verbessern; entwickeln Sie eingelegte Zähne aus PCD (polykristallinem Diamant), mit einer auf HV 8000 erhöhten Härte und einer um das 20-fache verlängerten Lebensdauer.

Anpassung an extreme Arbeitsbedingungen

Erforschen und entwickeln Sie Nano-Mehrschichtbeschichtungen (wie AlCrSi/TiN, Härte HV 3500) oder Verbundwerkstoffe auf Keramikbasis (WCSiC), mit einer erhöhten Temperaturbeständigkeit auf 1200 °C und einer Korrosionsrate bei starken Säuren (pH 12) von <0,03 mm/Jahr.

Intelligentes Design

Mithilfe von KI werden Aufprallkraft (Fehler < 5 %) und Verschleißverhalten simuliert, Zahnform (sphärischer Radiusfehler < 0,05 mm) und Einbauwinkel (Abweichung < 1°) optimiert und die Schnittstabilität verbessert. Es werden selbstdiagnostische Kugelzähne entwickelt, um Verschleiß und Temperatur in Echtzeit zu überwachen und so die Lebensdauer um 10–20 % zu verlängern.

7. Fazit

Hartmetall-Kugelzähne haben sich aufgrund ihrer hohen Härte (HRA 8692), hervorragenden Zähigkeit ($6,510 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) und extrem langen Lebensdauer (1000–6000 Stunden) zu wichtigen verschleißfesten Komponenten in Bergbau, Tunnelbau, Bauingenieurwesen, Energiegewinnung, Straßenbau und anderen Bereichen entwickelt. Ihre große Vielfalt (sphärische Zähne, konische Zähne, Keilzähne, Drehzähne usw.) und präzisen Spezifikationen (Durchmesser 635 mm, Toleranz $\pm 0,05 \text{ mm}$) erfüllen die vielfältigen Anforderungen vom Aushub weicher Böden bis zum Bohren in hartem Gestein. Technische Indikatoren zeigen, dass ihre Lebensdauer 310-mal höher ist als bei herkömmlichen Materialien, die Schneideffizienz um 2050 % gesteigert ist und sie extremen Stößen und Verschleiß standhalten können. Durch fortschrittliche Pulvermetallurgieverfahren und Beschichtungstechnologien (wie TiAlN, DLC) funktionieren Kugelzähne auch in rauen Umgebungen wie hohen Temperaturen (800–1000 °C) und Korrosion (pH 210) gut. Durch Laserbearbeitung, PCD-Inlays, Nanobeschichtungen, KI-Optimierung und intelligentes Design werden Hartmetall-Kugelzahnräder in Zukunft ihre Leistung weiter verbessern, ihre Anwendungsszenarien erweitern und eine solide Unterstützung für die effiziente, zuverlässige und nachhaltige Entwicklung der globalen Industrie bieten.

CTIA GROUP LTD

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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



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

Anhang:



Details zum Hartmetall-Spitzfräser

Hartmetallmeißel sind leistungsstarke Schneidwerkzeuge, die häufig im Bergbau, Tunnelbau, Straßenbau, Kohlebergbau und in der geologischen Exploration eingesetzt werden. Sie bestehen aus Wolframkarbid (WC) und anderen Hartmetallwerkstoffen und werden mithilfe präziser Fertigungstechnologie hergestellt. Sie zeichnen sich durch extrem hohe Härte, ausgezeichnete Verschleißfestigkeit und Schlagzähigkeit aus und schneiden harte Materialien wie Gestein, Kohleflöze und Beton effizient. Dank ihrer langen Lebensdauer und hohen Effizienz verbessern Hartmetallmeißel die Betriebseffizienz von Tunnel- und Bergbaumaschinen deutlich und senken die Wartungskosten. Im Folgenden finden Sie eine umfassende Einführung in Hartmetallmeißel hinsichtlich Materialeigenschaften, grundlegenden Spezifikationen, Herstellungsverfahren, Einsatzmöglichkeiten, Vorteilen, Herausforderungen und Lösungen sowie zukünftiger Entwicklungen.

1. Materialzusammensetzung und Eigenschaften

1.1 Zusammensetzung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die Materialzusammensetzung der Hartmetallmeißel ist optimiert, um ein Gleichgewicht zwischen Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit herzustellen :

Harte Phase

Wolframkarbid (WC, 80–95 %) bietet hervorragende Härte und Verschleißfestigkeit. Einige Formeln enthalten zusätzlich Titankarbid (TiC, 15 %) oder Tantalkarbid (TaC, 0,5–2 %), um die Temperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

Klebphase

Kobalt (Co, 5–15 %) ist das Hauptbindemittel und verbessert die Zähigkeit und Schlagfestigkeit. Nickel (Ni, 5–10 %) wird in speziellen Formulierungen zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit verwendet und eignet sich für feuchte oder saure Umgebungen.

Zusatzstoff

Spuren von Chrom (Cr, 0,1–1 %), Vanadium (V, 0,05–0,5 %) oder Molybdän (Mo, 0,1–0,8 %) werden verwendet, um die Körner zu verfeinern, das Kornwachstum zu hemmen und die Beständigkeit gegen Korrosion und Hochtemperaturoxidation zu verbessern.

1.2 Hauptmerkmale

Die Leistungsfähigkeit von Hartmetallmeißeln beruht auf ihrer optimierten Mikrostruktur:

Härte

HRA 8591 (HV 1100–1600) übertrifft Manganstahl (HRC 20–50) oder Chromgusseisen (HRC 50–60) bei weitem und eignet sich zum Schneiden von Gestein und Kohleflözen mit hoher Härte.

Bruchzähigkeit

610 MPa·m^{1/2}, was besser ist als gewöhnliches Hartmetall (57 MPa·m^{1/2}) und bei starker Einwirkung nicht so leicht bricht.

Verschleißfestigkeit

Verschleißrate 0,015 – 0,025 mm³/N·m (ASTM G65), 1,52-mal niedriger als bei hochchromhaltigem Gusseisen.

Druckfestigkeit

3500 – 5500 MPa, hält hohen Schnittkräften stand.

Dichte

13,5 – 15,0 g/cm³, Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Gewicht.

Korrosionsbeständigkeit

In neutralen oder leicht sauren Umgebungen (pH 4–9) beträgt die Korrosionsrate <0,08 mm/Jahr; Formeln auf Nickelbasis können einem pH-Wert von 210 standhalten.

Temperaturbeständigkeit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die Arbeitstemperatur liegt zwischen 20 °C und 700 °C, und einige Formeln können kurzzeitig 900 °C standhalten, was für Aushubumgebungen mit hohen Temperaturen geeignet ist.

1.3 Mikrostrukturvorteile

Hartmetall-Spitzen haben üblicherweise eine Feinkornstruktur (0,52 Mikron) oder eine Ultrafeinkornstruktur (0,2–0,5 Mikron). Im Vergleich zu herkömmlichem Hartmetall (25 Mikron) bieten sie folgende Vorteile:

Verbesserte Härte: Kleine Körner vergrößern die Korngrenzenfläche und verbessern so die Verformungsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit.

Verbesserte Zähigkeit: Durch die Kornverfeinerung werden Spannungen abgebaut und das Risiko von Rissbildung verringert.

Schneidstabilität: Die feine Kornstruktur verringert den Verschleiß und das Absplittern, hält die Schneidkante scharf und verlängert die Lebensdauer des Schneidwerkzeugs.

2. Grundlegende Spezifikationen

Es gibt verschiedene Spezifikationen für Hartmetallmeißel. Die folgenden Spezifikationen und Parameter sind gängig (siehe Industrienormen und Herstellerangaben):

Geometrie:

Konisch: Am häufigsten, geeignet für Tunnelbohrmaschinen und Kohlebergbaumaschinen, mit hoher Schneidleistung.

Geschossform: Wird bei Felsformationen mit hoher Härte verwendet, um die Durchdringung zu verbessern.

Flache Oberseite: Wird in Kohleflözen oder weichem Gestein verwendet, um den Schnittwiderstand zu verringern.

Messer- oder Meißelform: Wird für spezielle Aushub- oder Zerkleinerungszwecke verwendet.

Größe:

Durchmesser (Zahnschneidspitze): 8 – 50 mm (üblich sind 20 – 35 mm).

Länge (gesamt): 50 – 150 mm (typischerweise 80 – 120 mm).

Toleranz: $\pm 0,05$ mm (hochpräzise Bearbeitung).

Gewicht:

Einzelstücke 0,1 - 1,5 kg schwer, geeignet zum Aufstecken oder zur mechanischen Befestigung.

Oberflächenrauheit:

Ra 0,4 – 1,0 μ m, verringert Reibung und Materialhaftung.

Härtegrad:

Standard: HRA 85 – 88 (Kohleflöze, Weichgestein).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hohe Härte: HRA 88 – 91 (Hartgestein, Granit).

Materialformel:

WCCo (Allzweck): Kobaltgehalt 6 – 12 %, HRA 86 – 90, hohe Zähigkeit.

WCNi (korrosionsbeständig): Nickelgehalt 5 – 10 %, geeignet für feuchte Umgebungen.

WCTiCTaC (Hochtemperaturtyp): Temperaturbeständigkeit 700 – 900 °C.

Installationsmethode:

Inlaybefestigung: eingebettet in den Zahnsitz, Haftfestigkeit >150 MPa.

Löten: Hochtemperlöten (900 – 1100 °C), Verbindungsfestigkeit >200 MPa.

Mechanische Klemmung: Schneller Austausch, geeignet für häufige Wartungsszenarien.

Oberflächenbehandlung:

Polieren: Ra 0,2 – 0,4 µm, verbesserte Ermüdungsbeständigkeit.

Beschichtung: TiN (Härte HV 2000 – 2500), TiAlN (Temperaturbeständigkeit 900°C), DLC (Reibungskoeffizient 0,1 – 0,2).

Einhaltung von Standards:

Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.

ASTM B771 (Abriebtest), ISO 3878 (Härtetest).

Typische Produktbeispiele:

Meißel für Kohlebergbaumaschinen: Durchmesser 25 – 35 mm, Länge 90 – 120 mm, HRA 86 – 89, Lebensdauer 3000 – 6000 Stunden.

TBM-Meißel: Durchmesser 20 – 40 mm, Länge 80 – 100 mm, HRA 88 – 91, geeignet für Hartgestein.

Bohrmaschinenmeißel: Durchmesser 15 – 30 mm, Länge 70 – 100 mm, HRA 85 – 88, schlagfest.

3. Herstellungsprozess

Die Herstellung von Hartmetallmeißeln basiert auf der Pulvermetallurgie-Technologie, um Leistung, Präzision und Oberflächenqualität sicherzustellen.

3.1 Rohstoffaufbereitung

Hochreines Wolframkarbid (WC, Reinheit > 99,95 %), Kobalt (Co, Reinheit > 99,9 %) und weitere Additive (wie TiC, TaC). Das Pulver wird im Nassmahlverfahren (Alkohol oder deionisiertes Wasser, 2472 Stunden Kugelmahlen) gemischt, wobei die durchschnittliche Partikelgröße auf 0,21 µm begrenzt wird. VC oder Cr3C2 (0,10,5 %) wird als Korninhibitor zugesetzt.

3.2 Umformen

Kaltisostatisches Pressen (CIP)

werden bei 200 - 400 MPa zu Grünlingen mit einer Dichte von 50 - 60 % der theoretischen Dichte

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

gepresst.

Präzisionsformen

Für komplexe Formen wie Kegel oder Kugelköpfe werden hochpräzise Formen (Toleranz $\pm 0,1$ mm) verwendet.

Sprühtrocknung

Bereiten Sie fließfähige Partikel vor und verbessern Sie die Gleichmäßigkeit von Grünkörpern.

3.3 Sintern

Vorsintern

900 – 1100°C, Entfernung organischer Zusätze.

Heißisostatisches Pressen (HIP)

1350 – 1500 °C, 100 – 200 MPa, Argonatmosphäre, Sintern für 24 Stunden, Dichte 99,8 – 100 %.

Kühlregelung

Allmähliches Abkühlen (10 – 20°C/min) zur Vermeidung thermischer Spannungsrisse.

3.4 Nachbearbeitung

Präzisionsschleifen

Diamantschleifscheibenbearbeitung, Toleranz $\pm 0,05$ mm, Rauheit Ra 0,4 – 1,0 μm .

Oberflächenverstärkung

Durch Sandstrahlen, Polieren oder Beschichten (TiN, TiAlN, DLC) werden Verschleiß- und Hitzebeständigkeit verbessert.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung (HRA/HV), Mikrostrukturanalyse (SEM), Dimensionsmessung (3D-Messgerät), Zerstörungsfreie Prüfung (Ultraschall).

4. Zweck und Anwendungsszenarien

Hartmetall-Meißel werden aufgrund ihrer hervorragenden Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Schneidleistung häufig in den folgenden Bereichen und Szenarien eingesetzt:

4.1 Bergwerke und Kohlebergbau

Umfassender Kohlebergbau

Trommelmeißel für Kohlebergbaumaschinen zum Schneiden von Kohleflözen und Ganggestein (Härte < 100 MPa), mit einer Lebensdauer von 3.000 bis 6.000 Stunden, geeignet für den Strebbau und vollmechanisierte Abbaufrenten.

Tunnelbohrmaschinenfräse

Es schneidet auf einer Tunnelbohrmaschine (TBM) oder Teilschnittmaschine Sandstein und Granit (Härte 100 – 200 MPa), hat eine Lebensdauer von 2000 – 4000 Stunden und wird im Strecken- und Tunnelbau eingesetzt.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Tagebau

Wird in Drehbohranlagen oder Continuous Minern zum Schneiden von harten Erzen wie Eisenerz und Kupfererz verwendet und hält hohen Stößen und Verschleiß stand.

4.2 Tunnel und Tiefbau

Schildmaschinenpickel

Auf dem Schneidkopf einer Schildmaschine schneidet es Erde, Fels oder gemischte Schichten, hält hohem Drehmoment und Verschleiß stand und wird in U-Bahnen, Eisenbahntunneln und Unterwassertunneln eingesetzt.

Hartgesteinstunnelbau

Wird in Hartgestein-Tunnelbohrmaschinen (HRM) zum Schneiden von Granit und Basalt verwendet und hat eine 46-mal längere Lebensdauer als Stahlpickel.

Ankerbohrgerät

Hilfsbohrung und -unterstützung, widerstandsfähig gegen Gesteinsverschleiß, geeignet für die Stabilität im Tiefbau.

4.3 Straßen- und Infrastrukturbau

Drehbohrgerät

Wird für den Pfahlgründungsbau, das Schneiden von Beton, Kies oder Weichgestein verwendet, hat eine Lebensdauer von 4.000 bis 7.000 Stunden und wird in Brücken und Hochhausfundamenten eingesetzt.

Straßenfräsen

Auf Fräsmaschinen zum Schneiden von Asphalt- oder Betonbelägen, hält hohen Temperaturen und Verschleiß stand, geeignet für Straßenreparaturen.

Durchgehende Wandkonstruktion

Wird in Greiferschaufeln oder hydraulischen Schlitzfräsen zum Schneiden von Erd- und Gesteinsschichten verwendet und kommt bei tiefen Baugruben und Sickerschutzwänden zum Einsatz.

4.4 Geologische Erkundung und Energieentwicklung

Geologische Bohrungen

Wird in Kernbohranlagen zum Schneiden harter Felsformationen verwendet, um geologische Proben zu entnehmen, und hält hohem Drehmoment und Verschleiß stand.

Öl und Gas

Auf Bohrinseln oder Drehbohrern schneiden sie tiefes Gestein und halten hohen Temperaturen, hohem Druck und korrosiven Umgebungen stand.

Geothermische Entwicklung

Wird zum Bohren geothermischer Brunnen und zum Schneiden heißer Gesteinsformationen verwendet und ist temperaturbeständig bis 700 °C.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.5 Weitere besondere Zwecke

Hafen- und Schiffstechnik

Auf Baggergeräten schneidet es Meeresbodensand oder Korallenriffe und widersteht Korrosion und Verschleiß durch Meerwasser.

Forst- und Landwirtschaft

Wird in Forstgewinnungsmaschinen oder Landnivellierungsgeräten zum Schneiden von hartem Boden und Baumwurzeln verwendet.

Militär- und Spezialtechnik

Bei militärischen Maschinenbaumaschinen oder speziellen Tunnelbaugeräten werden hochfeste Materialien geschnitten, um hohe Zuverlässigkeitsanforderungen zu erfüllen.

5. Vorteile

Hartmetallmeißel spielen aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften eine wichtige Rolle in industriellen Anwendungen:

Ultralange Lebensdauer

Verschleißfestigkeit und Härte verlängern die Lebensdauer um das 36-fache und reduzieren die Austauschhäufigkeit.

Effizientes Schneiden

Hohe Härte und Zähigkeit unterstützen das Hochgeschwindigkeitsschneiden und verbessern die Aushubleistung um 20 – 40 %.

Hohes Preis-Leistungs-Verhältnis

Die Anschaffungskosten sind hoch, aber die Amortisationszeit beträgt 6 – 18 Monate und die Gesamtkosten reduzieren sich um 30 – 50 %.

Flexible Anpassung

Verschiedene Formen, Größen und Formeln, um den Anforderungen unterschiedlicher geologischer Bedingungen und Arbeitsbedingungen gerecht zu werden.

Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

Es ist verschleißfest, korrosionsbeständig und hochtemperaturbeständig und kann sich an komplexe Umgebungen anpassen, von nassen Kohleflözen bis hin zu Hochtemperatur-Gesteinsformationen.

Grüne Fertigung

Eine hohe Langlebigkeit reduziert den Materialverbrauch und entspricht dem Trend einer nachhaltigen Entwicklung.

6. Herausforderungen und Lösungen

6.1 Herausforderungen

Hohe Herstellungskosten: Hochreine Rohstoffe und aufwändige Prozesse führen zu höheren Kosten.

Verarbeitungsschwierigkeiten: Eine extrem hohe Härte erhöht die Verarbeitungskomplexität und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Diamantwerkzeuge verschleßen schnell.

Stoßbruchgefahr: Materialien mit hoher Härte können bei extremen Stößen brechen.

Einschränkungen durch extreme Arbeitsbedingungen: Die Leistung lässt bei extrem hohen Temperaturen ($> 900\text{ }^{\circ}\text{C}$) oder starken Säuren ($\text{pH} < 2$) nach.

6.2 Lösung

Kostenoptimierung: Optimieren Sie das Verhältnis und die Sinterparameter, um den Verbrauch um 10–20 % zu senken. Nutzen Sie die automatisierte Produktion, um die Arbeitskosten zu senken.

Verbesserungen bei der Verarbeitung: Durch die Einführung der Laser- oder Elektrofunknverarbeitung kann die Effizienz um 30 % gesteigert und die Werkzeuglebensdauer um das Zweifache verlängert werden.

Verbesserte Zähigkeit: Verbesserte Schlagzähigkeit um 20 – 30 % durch Gradientenstrukturen oder neue Bindephasen (z. B. CoNi-Legierungen).

Leistungsverbesserung: Entwicklung neuer Beschichtungen (wie AlCrSi/TiN, Temperaturbeständigkeit $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) oder Verbundwerkstoffe zur Anpassung an raue Arbeitsbedingungen.

7. Zukünftige Entwicklung

Mit ihrer hohen Härte (HRA 85–91), ihrer hervorragenden Zähigkeit ($610\text{ MPa}\cdot\text{m}^2$) und ihrer extrem langen Lebensdauer (2000–7000 Stunden) sind Hartmetallmeißel ideale Schneidwerkzeuge für Bergbau, Tunnelbau, Straßenbau, geologische Erkundung und Energiegewinnung. Ihre vielfältigen Spezifikationen (Durchmesser 8–50 mm, Länge 50–150 mm) und das präzise Herstellungsverfahren erfüllen die Anforderungen verschiedenster Bereiche, von Weichkohleflößen bis hin zu Hartgesteinsinformationen. Technische Daten belegen, dass ihre Lebensdauer 36-mal so hoch ist wie bei herkömmlichen Stahlmeißeln, und die Gesamtkosten sind um 30–50 % reduziert.

Mit Blick auf die Zukunft wird sich die Entwicklung von Hartmetallmeißeln auf folgende Bereiche konzentrieren:

Intelligente Fertigung

KI und Big Data werden eingeführt, um Formeln und Prozesse zu optimieren, wobei die Genauigkeit der Leistungsvorhersage über 99 % liegt und die Produktionseffizienz um 20 % gesteigert wird.

Neue Materialien

Entdecken Sie Graphenbeschichtungen (Reibungskoeffizient 0,05), polykristallinen Diamant (PCD, Lebensdauer um das 15-fache erhöht) oder Keramikverbundstoffe zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit.

Grüne Produktion

Entwickeln Sie Recyclingtechnologien, um die Recyclingrate von Mülleimern auf 85 % zu erhöhen und den Ressourcenverbrauch zu senken.

Modularer Aufbau

Einführung des Schnellwechsel-Pick-Moduls, das die Wartungszeit um 50 % verkürzt und die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Aushubleistung verbessert.

Mit der Weiterentwicklung der Materialwissenschaft und Fertigungstechnologie werden Hartmetallmeißel eine immer größere Rolle im intelligenten Tunnelbau, im umweltfreundlichen Bergbau und in der effizienten Technik spielen und der nachhaltigen Entwicklung der globalen Industrie starke Impulse verleihen.



Anhang:

Was ist ein Hartmetallbohrer ?

Der Hartmetallbohrer ist ein Hochleistungsschneidwerkzeug mit Wolframkarbid (WC) als Kernmaterial. Er wird mithilfe fortschrittlicher Pulvermetallurgie-Technologie hergestellt und ist speziell für das Bohren von hochharten und hochfesten Materialien konzipiert. Dank ihrer hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit finden Hartmetallbohrer breite Anwendung in der Metallverarbeitung, im Bergbau, im Bauwesen, in der Energiewirtschaft, der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der elektronischen Präzisionsfertigung und weiteren Bereichen. Er eignet sich zum effizienten Bohren von Hartstahl, Edelstahl, Titanlegierungen, Gusseisen, Keramik, Verbundwerkstoffen usw. und verbessert so die Bearbeitungseffizienz, Präzision und Standzeit deutlich. Dieser Artikel stellt die Leistung und den Nutzen von Hartmetallbohrern im Hinblick auf Materialeigenschaften, Typen und technische Indikatoren, Herstellungsverfahren, Einsatz- und Anwendungsszenarien, Produktvorteile, technische Herausforderungen und Verbesserungsvorschläge umfassend vor.

1. Materialzusammensetzung und Eigenschaften von Hartmetallbohrern

1.1 Materialzusammensetzung des Hartmetallbohrers

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Die Formel der Hartmetallbohrer ist präzise darauf ausgelegt, das optimale Gleichgewicht zwischen Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu erreichen:

Harte Phase

Wolframkarbid (WC, 80–95 %) sorgt für extrem hohe Härte und Verschleißfestigkeit. Einige Formeln sind mit Titankarbid (TiC, 1–5 %) oder Tantalkarbid (TaC, 0,5–2 %) dotiert, um die Hochtemperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

Klebphase

Kobalt (Co, 5–15 %) verbessert die Zähigkeit und Schlagfestigkeit; Nickel (Ni, 5–10 %) wird in korrosionsbeständigen Formulierungen verwendet, die für saure oder feuchte Umgebungen geeignet sind.

Zusatzstoff

Spuren von Chrom (Cr, 0,1–1 %), Vanadium (V, 0,05–0,5 %) und Molybdän (Mo, 0,1–0,8 %) werden verwendet, um die Körner zu verfeinern, das Kornwachstum zu hemmen und die Korrosionsbeständigkeit sowie die Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen zu verbessern.

1.2 Hauptmerkmale von Hartmetallbohrern

Die Leistungsfähigkeit von Hartmetallbohrern beruht auf ihrer optimierten Mikrostruktur und Materialzusammensetzung:

Härte

HRA 86 – 92 (HV 1200 – 1700), 23-mal höher als Schnellarbeitsstahl (HSS, HRC 60 – 65), geeignet zum Bohren von Materialien mit einer Härte bis zu HRC 60.

Bruchzähigkeit

6,510 MPa·m^{1/2}, was besser ist als bei gewöhnlichem Hartmetall (57 MPa·m^{1/2}), und die Schlagbruchfestigkeit ist um 30 % verbessert.

Verschleißfestigkeit

Die Verschleißrate beträgt 0,01 - 0,02 mm³/N·m (ASTM G65), was 1,52-mal niedriger ist als bei hochchromhaltigem Gusseisen, und die Schnittlebensdauer ist um das 310-fache verlängert.

Druckfestigkeit

4000 – 6000 MPa, hält hohen Schnittkräften stand (maximale Schnittkraft bis 5000 N).

Dichte

13,8 - 15,2 g/cm³, mittleres Gewicht, geeignet für Hochgeschwindigkeitsrotation.

Korrosionsbeständigkeit

In einer neutralen oder leicht sauren Umgebung (pH 49) beträgt die Korrosionsrate <0,07 mm/Jahr; Formulierungen oder Beschichtungen auf Nickelbasis können einem pH-Wert von 210 mit einer Korrosionsrate von <0,05 mm/Jahr standhalten.

Temperaturbeständigkeit

Die Arbeitstemperatur liegt zwischen 20 °C und 800 °C. Die Beschichtungsformel hält Temperaturen von bis zu 1000 °C stand und eignet sich daher für die Trocken- oder Hochtemperaturverarbeitung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1.3 Mikrostrukturelle Vorteile von Hartmetallbohrern

Hartmetallbohrer verfügen über eine Feinkorn- (0,52 Mikron) oder Ultrafeinkornstruktur (0,2 – 0,5 Mikron), die folgende Vorteile mit sich bringt:

Hohe Härte und Festigkeit: Kleine Körner erhöhen die Korngrenzendichte, folgen dem Hall-Petch-Effekt und verbessern die Verschleißfestigkeit.

Hervorragende Zähigkeit: Durch die Kornverfeinerung werden Spannungen abgebaut, das Risiko der Rissausbreitung verringert und die Schlagfestigkeit um 20–30 % verbessert.

Schnittstabilität: Reduzieren Sie den Verschleiß, halten Sie die Schneide scharf und verlängern Sie die Verarbeitungsgenauigkeit und Lebensdauer.

2. Typen und technische Indikatoren von Hartmetallbohrern

Es gibt eine große Auswahl an Hartmetallbohrern mit unterschiedlichen Geometrien, Einsatzmöglichkeiten und Verarbeitungsanforderungen. Nachfolgend finden Sie eine umfassende Klassifizierung, technische Indikatoren und eine Anwendungstabelle (siehe ISO-Normen, ASTM-Spezifikationen und Herstellerangaben).

2.1 Arten und Anwendungen von Hartmetallbohrern

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Spiralbohrer mit geradem Schaft Spiralbohrer	Standardmäßiges Spiralnut-Design, universelles Schneidwerkzeug, geeignet für eine Vielzahl von Materialien.	Automobilbau (Zylinderblöcke, Kurbelwellen), Bearbeitung (Zahnräder, Lager), Formenbau (Formstahl), Bohrstahl, Gusseisen, Aluminiumlegierungen.	Durchmesser 1 – 30 mm, Länge 50 – 150 mm, Spitzenwinkel 118°/135°, HRA 8790, Lebensdauer 2000 – 5000 Löcher.
Konischer Bohrer Kegelbohrer	Der konische Fräserkörper optimiert die Spanabfuhr bei tiefen Bohrungen und eignet sich für Bohrungen mit großer Tiefe.	Luft- und Raumfahrt (Teile aus Titanlegierungen), Ölbohrwerkzeuge (Gehäuse), Formenbau (Tieflochformen), Bohren von Titanlegierungen, Edelstahl, legiertem Stahl.	Durchmesser 5 – 30 mm, Länge 100 – 300 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 89 – 92, Lebensdauer 1000 – 3000 Löcher.
Stufenbohrer Stufenbohrer	Durch das mehrstufige Durchmesserdesign können Löcher in mehreren Größen gleichzeitig bearbeitet werden, wodurch die Anzahl der Schritte reduziert wird.	Automobilbau (Schraubenlöcher in dünnem Blech), Rohrleitungsbau (Flansche), Bauwesen (Stahlplatten), Bohren in dünnem Stahlblech, Aluminium, Edelstahl.	Durchmesser 4 – 40 mm, Länge 50 – 120 mm, Spitzenwinkel 118°, HRA 86 – 89, Lebensdauer 1500 – 4000 Löcher.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Zentrierbohrer Zentrierbohrer	Kurz und starr, kann es die Positionierungslöcher verarbeiten, um die Genauigkeit des nachfolgenden Bohrens sicherzustellen.	Bearbeitung (CNC-Positionierung), Formenbau (präzise Positionierung), Luft- und Raumfahrt (hochpräzise Teile), Bohren von Stahl, Edelstahl, legiertem Stahl.	Durchmesser 1 – 10 mm, Länge 30 – 60 mm, Spitzenwinkel 60°/90°, HRA 87 – 90, Lebensdauer 3000 – 6000 Löcher.
Mikrobohrer Mikrobohrer	Ultrakleiner Durchmesser, speziell für die hochpräzise Mikrolochbearbeitung entwickelt.	Elektronik (Leiterplatten), medizinische Geräte (Knochenschrauben), Uhrenherstellung (Mikroteile), Bohren von Kupfer, Hartmetall und Keramik.	Durchmesser 0,13 mm, Länge 20 – 50 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 88 – 91, Lebensdauer 1000 – 3000 Löcher.
Tieflochbohren Tieflochbohrer	Hohes Aspektverhältnis, ausgestattet mit internem Kühlsystem, geeignet für die Bearbeitung ultratiefer Löcher.	Luft- und Raumfahrt (Turbinenschaufeln), Öl und Gas (Bohrrohre), Energieanlagen (Wärmetauscher), Bohren von Titanlegierungen, Edelstahl und Nickelbasislegierungen.	Durchmesser 5 – 30 mm, Länge 100 – 500 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 89 – 92, Lebensdauer 1000 – 3000 Löcher.
Flachbodenbohrer Flachbodenbohrer	Flachboden-Werkzeugspitze zum Bearbeiten von Flachbodenlöchern, wodurch das nachfolgende Fräsen reduziert wird.	Automobilbau (Gewindebohrung), mechanische Bearbeitung (ebene Bohrung), Formenbau (Präzisionsbohrung), Bohren von Stahl, Gusseisen, Aluminiumlegierung.	Durchmesser 320 mm, Länge 50-100 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 8790, Lebensdauer 2000-5000 Löcher.
Dreischneidiger Bohrer Dreischneidiger Bohrer	Das Design mit drei Schneidkanten reduziert Vibrationen und verbessert die Rundheit der Löcher.	Luft- und Raumfahrt (hochpräzise Löcher), Formenbau (Fertigstellung), Bearbeitung (Lagerlöcher), Bohren von Edelstahl, Titanlegierung, Hartstahl.	Durchmesser 5 - 20 mm, Länge 50 - 120 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 89 - 92, Lebensdauer 1500 - 4000 Löcher.
Reibbohrer Reibahle Bohrer	Bearbeiten Sie vorhandene Löcher, um die Genauigkeit des Lochdurchmessers und die Oberflächenqualität zu verbessern.	Mechanische Fertigung (Lagerbohrungen), Hydraulikgeräte (Ventilkörper), Luft- und Raumfahrt (Anschlussbohrungen), Bohren von Stahl, Edelstahl, Gusseisen.	Durchmesser 5 – 40 mm, Länge 50 – 150 mm, Spitzenwinkel 118°, HRA 87 – 90, Lebensdauer 2000 – 5000 Löcher.
Kanonenbohrer Kanonenbohrer	Ultratiefe Lochbearbeitung, ausgestattet mit	Medizinische Geräte (orthopädische Geräte), Energiegeräte (Wärmetauscherrohre), Luft- und Raumfahrt (Tieflochteile), Bohren von	Durchmesser 2 – 30 mm, Länge 200 – 1000 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 89 – 92, Lebensdauer

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
	Hochdruckkühlung, einschneidiges Design.	Titanlegierungen, Edelstahl, Hartstahl.	1000 – 3000 Löcher.
Austauschbarer Bohrkopf Wendeschneidplattenbohrer	Der Messerkopf lässt sich schnell austauschen, was die Ausfallzeiten reduziert und für die Massenproduktion geeignet ist.	Automobilherstellung (Massenlochbearbeitung), mechanische Bearbeitung (Fließband), Bauwesen (Stahlkonstruktion), Bohren von Stahl, Gusseisen, Aluminiumlegierungen.	Durchmesser 1040 mm, Länge 100-200 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 8790, Lebensdauer 3000-6000 Löcher.
Schlagbohrer SDS-Auswirkungen Bohren	Kombiniert Rotation und Schlag, speziell für Mauerwerksmaterialien konzipiert.	Bauingenieurwesen (Betonwände), Tunnelbau (Fels), Sanierung (Ziegelwände), Bohren von Beton, Granit, Mauerwerk.	Durchmesser 6 – 25 mm, Länge 100 – 300 mm, HRA 86 – 89, Lebensdauer 500 – 2000 Löcher.
Verbundwerkstoff- Spezialbohrer Verbundbohrer	Ein niedriger Spiralwinkel und eine scharfe Schneidkante verringern Delamination und Kantenabsplitterungen.	Luft- und Raumfahrt (Tragflächen aus CFK), Automobilbau (Verbundkarosserie), Windkraft (Rotorblätter), Bohren von Kohlefaser, Glasfaser, Verbundwerkstoffe.	Durchmesser 3 – 20 mm, Länge 50 – 120 mm, Spitzenwinkel 135°, HRA 89 – 92, Lebensdauer 1000 – 3000 Löcher.
Keramikbohrer Keramikbohrer	Ultrahohe Härte, speziell für extrem harte Materialien entwickelt.	Elektronik (Keramiksubstrate), Medizin (Keramikimplantate), Luftfahrt (Keramikbeschichtungen), Bohren von Keramik, Glas und Hartmetall.	Durchmesser 1 – 20 mm, Länge 50 – 100 mm, Spitzenwinkel 140°, HRA 90 – 92, Lebensdauer 500 – 2000 Löcher.
Punktbohrer Anbohren	Kurzes Klingendesign, Bearbeitung von flachen Löchern oder Gruben, Optimierung der nachfolgenden Bohrpositionierung.	Zerspanung (CNC-Vorbohren), Formenbau (Positionierungsgruben), Luft- und Raumfahrt (hochpräzise Vorbohrungen), Bohren von Stahl, Edelstahl, legiertem Stahl.	Durchmesser 1 – 10 mm, Länge 30 – 60 mm, Spitzenwinkel 90°/120°, HRA 87 – 90, Lebensdauer 3000 – 6000 Löcher.
Senker Senkbohrer	Senklöcher sind so verarbeitet, dass sie für die Schraubmontage geeignet sind.	Automobilbau (Karosserieschraubenlöcher), Bauwesen (Stahlstrukturverbindungen), Möbelherstellung (Holzplatten), Bohren von Stahl, Aluminiumlegierungen, Holz.	Durchmesser 5 – 20 mm, Länge 50 – 100 mm, Spitzenwinkel 90°, HRA 86 – 89, Lebensdauer 2000 – 5000 Löcher.
Kombinationsbohrmaschine Stufen- und Senkbohrer	Integrierte Stufen- und Senkfunktionen, um die Lochbearbeitung mehrerer Prozesse gleichzeitig abzuschließen.	Luft- und Raumfahrt (Verbindungs Löcher aus Verbundwerkstoffen), Automobilindustrie (Installation dünner Platten), Bearbeitung (Multifunktionslöcher), Bohren von Stahl, Aluminium, Verbundwerkstoffen.	Durchmesser 5 – 30 mm, Länge 50 – 120 mm, Spitzenwinkel 118°, HRA 8790, Lebensdauer 1500 – 4000 Löcher.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Gesinterter Bohrer Gelöteter Bohrer	Hartmetallspitze auf Stahlschaft gelötet, geeignet für die Schwerzerspanung.	Bergbau (Hartgestein), Bauwesen (Stahlbeton), Energie (Pipelines), Bohren von Gestein, Beton, legiertem Stahl.	Durchmesser 10 – 50 mm, Länge 100 – 300 mm, HRA 86 – 89, Lebensdauer 1000 – 3000 Löcher.

2.2 Technische Indikatoren

Größe

Durchmesser: 0,1 – 100 mm (üblich sind 130 mm).
Gesamtlänge: 10 – 1000 mm (üblich sind 50 – 150 mm).
Schnittlänge: 5 – 500 mm (Tieflochbohren bis 20 – 50D, D ist der Durchmesser).
Toleranz: ±0,01 mm (Präzisionsbearbeitung, Güte IT6IT8).

Gewicht

Jedes Stück wiegt 0,012 kg und ist für Handgeräte oder CNC-Maschinen geeignet.

Oberflächenrauheit

Ra 0,2 – 0,8 µm, reduziert Spanhaftung und Reibungswärme.

Härtegrad

Norm: HRA 86 – 89 (Allgemeine Metallbearbeitung).
Hohe Härte: HRA 89 – 92 (Hartmetall, Keramik).

Stoffformel

WCCo (Allzweck): Kobaltgehalt 612 %, HRA 8791, hohe Zähigkeit.
WCNi (korrosionsbeständiger Typ): Nickelgehalt 510 %, beständig gegenüber Säuren und Laugen.
WCTiCTaC (Hochtemperaturtyp): Temperaturbeständigkeit 800 – 1000 °C.

Spitzenwinkel

118°: Weiches Metall (z. B. Aluminium, Kupfer), geringer Schnittwiderstand.
135°: Hartstahl, Edelstahl, reduziert das Wandern.
140°: Titanlegierung, Keramik, hohe Stabilität.

Spiralwinkel

25 – 30°: Allgemeiner Zweck, ausgewogene Spanabfuhr und Steifigkeit.
35 – 40°: Weiche Materialien, schnellere Spanabfuhr.
15 – 20°: Hartes Material, erhöht die Steifigkeit des Bohrers.

Installation

Rundschaft: Standardaufnahme, Rundlaufabweichung <0,01 mm.

Sechskantschaft: Schnellwechselfutter.

SDS-Aufnahme: Schlagbohrmaschine, geeignet für Mauerwerk.

Oberflächenbehandlung

Polieren: Ra 0,1 – 0,4 µm, reduziert Reibungswärme.

Beschichtung

TiN: Härte HV 2000 – 2500, Verschleißfestigkeit um das Zweifache erhöht.

TiAlN: Temperaturbeständig bis 900 °C, geeignet für die Trockenverarbeitung.

AlCrSi/TiN: Temperaturbeständigkeit 1000 °C, Lebensdauer 3-fach verlängert.

DLC: Reibungskoeffizient 0,1 – 0,2, geeignet für Aluminiumlegierungen und Verbundwerkstoffe.

Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit: 20 - 200 m/min (Stahl 50 - 100 m/min, Titanlegierung 20 - 40 m/min, Aluminiumlegierung 100 - 200 m/min).

Vorschub: 0,05 – 0,3 mm/U (0,05 – 0,1 mm/U für Präzisionsbearbeitung).

Maximale Bohrtiefe: 5 – 50D (bis 50D mit Innenkühlung).

Einhaltung von Standards

Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.

ISO 1832 (Spezifikation für Schneidwerkzeuge).

ASTM B771 (Verschleißtest), ISO 3878 (Härtetest).

3. Herstellungsprozess

Bei der Herstellung von Hartmetallbohrern kommt modernste Pulvermetallurgietechnologie zum Einsatz, um sicherzustellen, dass Materialeigenschaften, geometrische Genauigkeit und Oberflächenqualität höchsten Standards entsprechen.

3.1 Rohstoffaufbereitung

Es werden hochreines Wolframkarbid (WC, Reinheit > 99,95 %), Kobalt (Co, Reinheit > 99,9 %) und Additive (wie TiC, TaC, Cr) ausgewählt. Das Pulver wird durch Nassmahlen (Alkohol oder deionisiertes Wasser, Kugelmahlen für 24–72 Stunden) gemischt, wobei die durchschnittliche Partikelgröße auf 0,21 µm festgelegt wird. VC oder Cr₃C₂ (0,10,5 %) wird als Korninhibitor hinzugefügt, um Kornwachstum beim Hochtemperaturesintern zu verhindern.

3.2 Umformen

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Pulver werden bei 200 – 400 MPa zu Grünkörpern mit einer Dichte von 50 – 60 % des theoretischen Wertes gepresst.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Präzisionsformen: Hochpräzise Formen (Toleranz $\pm 0,1$ mm) werden zum Formen von Spiralbohrerschlitzen oder komplexen Geometrien verwendet.

Sprühtrocknung: Bereiten Sie fließfähige Partikel vor und verbessern Sie die Gleichmäßigkeit und Festigkeit von Grünkörpern.

3.3 Sintern

Vorsintern: 900 – 1100°C zum Entfernen organischer Zusätze.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1350 – 1500 °C, 100 – 200 MPa, Argonatmosphäre, Sintern für 24 Stunden, Dichte 99,8 – 100 %.

Kühlungssteuerung: Allmähliches Abkühlen (10 - 20°C/min) zur Vermeidung von Mikrorissen durch thermische Spannung.

3.4 Nachbearbeitung

Präzisionsschleifen: Einsatz von Diamantschleifscheiben oder CBN-Werkzeugen, Bearbeitung mit einer Toleranz von $\pm 0,01$ mm, Oberflächenrauheit Ra 0,2 – 0,8 μm , Schneidenschärfe (Kantenradius $< 5 \mu\text{m}$).

Nutbearbeitung: CNC-Schleifmaschine bearbeitet Spiralnuten mit einem Nuttiefenfehler von $< 0,05$ mm, um die Spanabfuhr zu optimieren.

Oberflächenverfestigung: Sandstrahlen, Polieren oder Beschichten (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit und Hitzebeständigkeit.

Qualitätsprüfung:

Härteprüfung: HRA/HV, Fehler $\pm 0,5$.

Mikrostrukturanalyse: Mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurde die Korngröße (0,22 μm) untersucht.

Dimensionsmessung: dreidimensionales Messgerät, Genauigkeit $\pm 0,002$ mm.

Zerstörungsfreie Prüfung: Ultraschallprüfung zur Feststellung innerer Defekte.

4. Produktvorteile

Hartmetallbohrer sind aufgrund ihrer hervorragenden Leistung führend auf dem Markt für Schneidwerkzeuge:

Ultralange Lebensdauer: Verschleißfestigkeit und Härte verlängern die Lebensdauer um das 310-fache und reduzieren die Einzelverarbeitungskosten um 3060 %.

Effiziente Bearbeitung: Unterstützt Hochgeschwindigkeitsschneiden (20 – 200 m/min) und hohe Vorschubgeschwindigkeiten (0,05 – 0,3 mm/U), wodurch die Bearbeitungseffizienz um 20 – 50 % verbessert wird.

Hohe Präzision: Blendengenauigkeit $\pm 0,01$ mm, Oberflächenrauheit Ra 0,2 – 0,8 μm , erfüllt die hohen Anforderungen der Luftfahrt und Elektronik.

Flexible Anpassung: Verschiedene Typen (Spiral-, Tiefloch-, Mikro- usw.), Größen (0,1 – 100 mm) und Beschichtungen (TiN, TiAlN) für unterschiedliche Arbeitsbedingungen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Umweltanpassungsfähigkeit: hohe Temperaturbeständigkeit (800 – 1000 °C), Korrosionsbeständigkeit (pH 210), anpassungsfähig an trockene, nasse und chemische Umgebungen.

Umweltfreundliche Fertigung: Die hohe Haltbarkeit reduziert Werkzeugwechsel und Abfall und erfüllt so die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung.

5. Technische Herausforderungen und Verbesserungsvorschläge

5.1 Technische Herausforderungen

Verarbeitungsschwierigkeiten

Hartmetall weist eine hohe Härte (HRA 86–92) auf, die extrem hohe Anforderungen an Bearbeitungsgeräte und Werkzeuge stellt. Diamantschleifscheiben oder CBN-Werkzeuge verschleßen schnell und es ist schwierig, die Bearbeitungsgenauigkeit (Toleranz $\pm 0,01$ mm) zu stabilisieren.

Fragilitätsrisiko

Bei Materialien mit hoher Härte können bei starker Stoßeinwirkung oder übermäßiger Vorschubgeschwindigkeit ($> 0,3$ mm/U) Mikrorisse oder Brüche auftreten, die die Lebensdauer beeinträchtigen.

Probleme mit dem Wärmemanagement

Beim Hochgeschwindigkeitsschneiden (> 100 m/min) entsteht viel Reibungswärme, die insbesondere bei der Trockenbearbeitung zu einer Erweichung der Schneide oder einem Ablösen der Beschichtung führen kann.

Komplexe Materialanpassungsfähigkeit

Verbundwerkstoffe (wie CFK), Keramik und superharte Legierungen (HRC > 60) stellen hohe Anforderungen an die Geometrie und Beschichtung des Bohrers und neigen zu Delamination, Kanteneinbruch oder schnellem Verschleiß.

Einschränkungen durch extreme Arbeitsbedingungen

Bei extrem hohen Temperaturen (> 1000 °C) oder in stark sauren Umgebungen (pH-Wert < 2) verschlechtert sich die Leistung herkömmlicher Beschichtungen und Bindungsphasen, wodurch sich ihre Lebensdauer um 50 – 70 % verkürzt.

5.2 Technische Verbesserungsrichtung

Fortschrittliche Verarbeitungstechnologie

Entwickeln Sie Laser-Mikrobearbeitung und Elektrofunkensbearbeitung mit einer Genauigkeit von $\pm 0,005$ mm und einer 30 % geringeren Werkzeugabnutzung, geeignet für komplexe Geometrien (wie Dreikantbohrer und Tieflochbohrer).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Robustes, verbessertes Design

Durch die Verwendung einer Gradientenstruktur (hohe Oberflächenhärte HRA 90 – 92, hohe innere Zähigkeit, Bruchzähigkeit $> 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) oder einer CoNi-Verbundbindungsphase wird die Schlagfestigkeit um 20 – 30 % verbessert und das Bruchrisiko verringert.

Effizientes Wärmemanagement

Optimieren Sie das interne Kühlsystem (Kühlmitteldruck 10 – 20 MPa, Durchflussrate 5 – 15 l/min), um die Temperatur in der Schneidzone um 100 – 200 °C zu senken. Entwickeln Sie adaptive Beschichtungen (wie TiAlN/AlCrSi, Temperaturbeständigkeit 1100 °C), um die thermische Erweichung zu verringern.

Optimierung von Verbundwerkstoffen

Durch die Konstruktion von Bohrern mit niedrigen Spiralwinkeln (15–20°) und scharfen Schneidkanten (Kantenradius $< 3 \mu\text{m}$) lässt sich die CFK-Delamination um 30 % reduzieren. Auch die Entwicklung von PCD-Schneidköpfen (polykristalliner Diamant) mit einer auf HV 8000 erhöhten Härte und einer um das 20-fache verlängerten Lebensdauer ist möglich.

Anpassung an extreme Arbeitsbedingungen

Erforschen und entwickeln Sie Nano-Mehrschichtbeschichtungen (wie AlCrSi/TiN, Dicke 25 μm , Härte HV 3500) oder Verbundwerkstoffe auf Keramikbasis (WCSiC), mit einer erhöhten Temperaturbeständigkeit auf 1200 °C und einer Korrosionsrate bei starker Säure (pH 12) von $< 0,03 \text{ mm/Jahr}$.

Intelligentes Design

Mithilfe von KI werden Schnittkräfte (Fehler $< 5 \%$) und Verschleißverhalten simuliert, Spitzenwinkel (118° – 140°) und Nutenart (Nuttiefenfehler $< 0,03 \text{ mm}$) optimiert und die Verarbeitungsstabilität verbessert. Darüber hinaus werden selbstdiagnostische Bohrer entwickelt, die Temperatur und Verschleiß in Echtzeit überwachen und so die Lebensdauer um 10 – 20 % verlängern.

6. Fazit

Hartmetallbohrer sind aufgrund ihrer hohen Härte (HRA 86–92), ihrer hervorragenden Zähigkeit ($6,510 \text{ MPa} \cdot \text{m}^2$) und ihrer extrem langen Lebensdauer (2000–10000 Bohrungen) die bevorzugten Schneidwerkzeuge in der Metallverarbeitung, im Bergbau, im Bauwesen, in der Energiewirtschaft, der Luft- und Raumfahrt, der Elektronikfertigung und anderen Bereichen. Ihre große Vielfalt (Spiralbohrer, Tieflochbohrer, Mikrobohrer, Schlagbohrer, Keramikbohrer usw.) und ihre präzisen Spezifikationen (Durchmesser 0,1100 mm, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}$) erfüllen die vielfältigen Anforderungen von der Mikrobohrung von Leiterplatten bis hin zum Tieflochbohren in Gestein. Technische Daten zeigen, dass ihre Lebensdauer 310-mal höher ist als die von Schnellarbeitsstahlbohrern, die Bearbeitungseffizienz um 20–50 % gesteigert wird und die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Bohrdurchmessergenauigkeit das IT6IT8-Niveau erreicht.

Dank fortschrittlicher Pulvermetallurgie und Beschichtungstechnologien (wie TiAlN und DLC) bewährt sich der Bohrer auch in rauen Umgebungen wie hohen Temperaturen (800–1000 °C) und Korrosion (pH 210). Zukünftig werden Hartmetallbohrer durch Laserbearbeitung, PKD-Werkzeugköpfe, Nanobeschichtungen, KI-Optimierung und intelligentes Design ihre Leistung weiter verbessern und ihre Anwendungsszenarien erweitern. Dies wird die effiziente, präzise und nachhaltige Entwicklung der globalen Industrie nachhaltig unterstützen.

Hartmetall-Meißel für Tunnelbohrmaschinen

Hartmetall-TBM-Meißel sind effiziente Schneidwerkzeuge für Tunnelbohrmaschinen (TBM) und Bergbaumaschinen zum Zerkleinern und Abbauen von hartem Gestein, komplexen Formationen oder gemischten geologischen Bedingungen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit modernen Herstellungsverfahren und optimiertem Design. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagzähigkeit, Hitzebeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Zuverlässigkeit unter extremen Arbeitsbedingungen (wie in tiefen Bohrungen, bei hohem Druck, hohen Temperaturen oder in korrosiven Umgebungen). Als Schlüsselkomponente am vorderen Ende der Tunnelbohrmaschine beeinflusst der Meißel direkt die Baueffizienz, die Lebensdauer der Ausrüstung, die technische Sicherheit und die Kostenkontrolle und spielt eine unverzichtbare Rolle im modernen Infrastrukturbau, im Rohstoffabbau, im Spezialingenieurwesen und in aufstrebenden Bereichen. Basierend auf den neuesten Informationen zur gesamten Netzwerk- und Branchenentwicklung werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen des Meißels umfassend erläutert.

1. Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Teilschnittmeißeln

Hartmetall-Meißel verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) als Bindephase und Spurenzusätze (wie Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $< 1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$) zur Optimierung der Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturleistung. Die Herstellung erfolgt durch ein pulvermetallurgisches Verfahren. Zu den üblicherweise verwendeten Methoden gehören das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350 - 1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45 - 55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5 - 10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150 - 200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30 - 60\text{ min} \pm 5\text{ min}$). Dadurch wird sichergestellt, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte und eine Porosität von $<0,1\% \pm 0,05\%$ erreicht. Die Korngröße wird präzise auf $0,5 - 2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8 - 1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert und das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse).

Die geometrische Gestaltung der Spitzhacke ist vielfältig. Zu den gängigen Formen gehören Kegel (Scheitelwinkel $60^\circ - 90^\circ \pm 5^\circ$), Keil (Kantenwinkel $30^\circ - 45^\circ \pm 2^\circ$) und Kugelkopf (Krümmungsradius $5 - 10\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$), mit einer an der Spitze eingebetteten Hartmetallschicht (Dicke $2 - 7\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, an einigen Stellen bis zu $10\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$), und die Basis besteht aus hochfestem legiertem Stahl (wie 40CrMo, 42CrMo oder neuem Manganstahl mit Abschreckhärte HRC $40 - 52 \pm 2$). Die Installationsmethode umfasst Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200 - 1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $> 600\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Plasmalichtbogenschweißen oder mechanisches Klemmen (Klemmkraft $> 10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), befestigt am Schneidkopf der Tunnelbohrmaschine ($50 - 100$ Meißel ± 5 pro Meter Schneidkopf, je nach Durchmesser). Das Design integriert Schneidmechanik, Wärmeleitung, Spannungsverteilung und Strömungsmechanikoptimierung. Die Meißelgeometrie (Eintrittswinkel $30 - 45^\circ \pm 5^\circ$, Rückneigungswinkel $5 - 15^\circ \pm 2^\circ$) und die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schlackennut (Nuttiefe 5–12 mm $\pm$ 0,5 mm, Nutbreite 10–20 mm $\pm$ 1 mm, Neigungswinkel 15–30° $\pm$ 2°) verbessern die Aushubleistung, Wärmeableitungsleistung und Schlackenaustragskapazität deutlich. Es eignet sich für Hartgestein mit einer Druckfestigkeit von 100–300 MPa, Weichgestein mit einem Wassergehalt von $>20\% \pm 5\%$ oder Mischformationen mit einem Sandgehalt von $>10\% \pm 2\%$.

2. Eigenschaften und Funktionsprinzip von Hartmetall-Teilschnittmeißeln

2.1 Materialeigenschaften

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 $\pm$ 30, lokal bis zu 2400–2600 $\pm$ 50, abhängig von den Zusätzen) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht eine hervorragende Beständigkeit gegen Verschleiß, Erosion und Hochtemperaturoxidation (Oxidationsbeginnntemperatur $> 800\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{1c} 12–16 MPa·m^{1/2} $\pm$ 0,5, Spitzenwert bis zu 18 MPa·m^{1/2} $\pm$ 0,5) und absorbiert wirksam Aufprallenergie ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 150\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körner optimieren die Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,05\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Dichte 14,8–15,2 g/cm³ $\pm$ 0,1 g/cm³ (bestimmt mit der Archimedes-Methode), Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/\text{°C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/\text{°C}$. Durch Zugabe von Cr₃C₂ wird eine Cr₂O₃-Schutzschicht (Dicke $< 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm/Jahr} \pm 0,001\text{ mm/Jahr}$, H₂S-Beständigkeit $> 2000\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$); TaC verbessert die Hochtemperaturhärte ($> 900\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$ behält 90 % $\pm$ 2 % der ursprünglichen Härte bei).

2.2 Funktionsprinzip

Durch die Rotation der Tunnelbohrmaschine (Geschwindigkeit 500–1200 U/min $\pm$ 50 U/min, abhängig von der Leistung der Maschine) und die Schubkraft (50–150 kN $\pm$ 5 kN, bis zu 300 kN $\pm$ 10 kN) schneidet sich die Spitzhacke in die Felsoberfläche, bildet durchgehende Rillen und bricht das Gestein durch Extrusion (Kontaktdruck 200–400 MPa $\pm$ 20 MPa) und Scherung (Scherfestigkeit 50–100 MPa $\pm$ 5 MPa). Die Hartmetallschicht an der Spitze trägt die Hauptverschleiß- und Wärmebelastung (Oberflächentemperatur 500–700 °C $\pm$ 50 °C, kurzzeitig bis zu 900 °C $\pm$ 50 °C), während die Stahlmatrix für strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 W/m·K $\pm$ 2 W/m·K) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal, zyklische Belastung $> 200\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$) sorgt.

2.3 Leistungstest: Unter den Bedingungen von Granit (Härte 7 Mohs, Druckfestigkeit 150–200 MPa), Basalt (Härte 7–8 Mohs, Druckfestigkeit 200–250 MPa) und Quarzit (Härte 7 Mohs, Druckfestigkeit 180–220 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Meißel mehr als 500–800 Stunden $\pm$ 50 Stunden (abhängig von den geologischen Bedingungen) und die Schneidleistung erreicht 5–15 m³/h $\pm$ 1 m³/h (maximal bis zu 20 m³/h $\pm$ 1 m³/h, Leistung $> 1000\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigte keine offensichtlichen Risse auf der Oberfläche, die Verschleißtiefe betrug $< 0,05\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) verifizierte die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$), die energiedispersive Spektroskopie (EDS) bestätigte die gleichmäßige Verteilung von Cr₂O₃ und TaC und die Wärmebildgebung zeigte, dass

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

die thermische Spannungsverteilung $<100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ betrug.

3. Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Teilschnittmeißeln beeinflussen

3.1 Co-Gehalt

Bei $6-12 \% \pm 1 \%$ wird das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit erreicht, $<6 \% \pm 1 \%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$, $>12 \% \pm 1 \%$ reduziert die Härte um $5 \% \pm 1 \%$ und erhöht die Wärmeausdehnung ($\text{CTE } 6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) und $8-10 \% \pm 0,5 \%$ werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen (die Kosten pro kg steigen um $5-10 \% \pm 1 \%$).

3.2 Korngröße

$0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Gestein mittlerer Härte geeignet (Druckfestigkeit $100-150 \text{ MPa}$), $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$, die Verringerung der Korngrenzen führt zu einer Verringerung der Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$ und der Verarbeitungsaufwand erhöht sich um $5 \% \pm 1 \%$.

3.3 Spitzenwinkel: $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$ optimiert die Schneidleistung (Schneidkraft $<10 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, Energieverbrauch $<50 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$), $>50^\circ \pm 5^\circ$ reduziert die Schneidleistung um $10\% \pm 2\%$ und erhöht die Wärmestauung (Temperaturanstieg $>50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), $<30^\circ \pm 5^\circ$ führt leicht zu einem $5\% \pm 1\%$ igen Risiko von Kantenausbrüchen (Kantenausbruchrate $>2\% \pm 0,5\%$).

3.4 Oberflächenbehandlung

Eine Hartmetallschichtdicke von $2-5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit deutlich (Verlängerung der Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, Kostensteigerung um $10 \% \pm 2 \%$), $<2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ führt zu einer Reduzierung der Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, $>5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöht die Herstellungskosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,3 \pm 0,05$), verbessert die Hitzebeständigkeit ($>700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) und die Oxidationsbeständigkeit (Sauerstoffgehalt $<0,5 \% \pm 0,1 \%$).

3.5 Wärmebehandlung

Durch Abschrecken des Basisstahls (Härte HRC $40-52 \pm 2$, Tiefe $1-2,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) wird die Lebensdauer der nicht abgeschreckten Basis um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und die Restspannung durch Anlassen ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert (Spannung $<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$).

3.6 Arbeitsumgebung

Ein Wassergehalt $>10 \pm 2 \%$ oder ein Sandgehalt $>5 \pm 1 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \pm 1 \%$ (Erhöhung der Verschleißrate $0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,005 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$). Eine Temperatur $>600 \pm 50^\circ\text{C}$ verringert die Härte um $3 \pm 1 \%$ (HV-Abnahme $50-70 \pm 10$). Eine Umgebung mit H_2S oder CO_2 (Konzentration $>0,1 \pm 0,02 \%$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015 \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.7 Geräteparameter: Antriebsgeschwindigkeit $0,5\text{--}2\text{ m/h} \pm 0,1\text{ m/h}$, Drehmoment $1000\text{--}5000\text{ kN}\cdot\text{m} \pm 100\text{ kN}\cdot\text{m}$, Leistung $500\text{--}1500\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$ wirken sich direkt auf die Lebensdauer und Effizienz der Meißel aus. Übermäßige Parameter ($>$ Obergrenze $10\% \pm 1\%$) verkürzen die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$.

4. Anwendung von Hartmetall-Teilschnittmeißeln

4.1 Tunnelbau

Wird für den Hartgesteinsaushub in U-Bahnen (wie der Linie 17 der Peking U-Bahn oder der Linie 14 der Shenzhener U-Bahn), Autobahnen (wie dem Shiquanhe-Tunnel der Sichuan-Tibet-Eisenbahn) und Eisenbahntunneln verwendet, mit einer Druckfestigkeit von $100\text{--}300\text{ MPa}$ und einer Lebensdauer von $500\text{--}1000\text{ Stunden} \pm 50\text{ Stunden}$. Es unterstützt komplexe geologische Bedingungen wie Störungszonen (Verschiebung $> 1\text{ m} \pm 0,1\text{ m}$), Bereiche mit hoher Spannung ($> 30\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$) oder Bereiche mit Wasserschwall (Wasserdruck $> 1\text{ MPa} \pm 0,1\text{ MPa}$) und entspricht den Normen EN 1997-1 und JTG 3370.1. Fall 2024: Die Aushubgeschwindigkeit des Yalong-Flusstunnels der Sichuan-Tibet-Eisenbahn erreichte mit Spitzhacken $1,8\text{ m/h} \pm 0,1\text{ m/h}$.

4.2 Bergbau

Wird im Kohleflöz- (Druckfestigkeit $50\text{--}100\text{ MPa}$), Kupferbergbau ($150\text{--}200\text{ MPa}$), Eisenerz- ($200\text{--}250\text{ MPa}$) und Seltenerd-Erz-Abbau ($180\text{--}220\text{ MPa}$) eingesetzt. Die Schlagfestigkeit ($> 50\text{ J}$, Spitzenwert kann $150\text{ J} \pm 10\text{ J}$ erreichen) gewährleistet einen effizienten Aushub. Geeignet für Tiefbrunnen ($> 1500\text{ m} \pm 100\text{ m}$) oder Tagebaue (Aushubtiefe $> 700\text{ m} \pm 50\text{ m}$), gemäß den Normen ISO 11228-1 und AS 2294. Im Jahr 2023 wurde im Kupferbergbau Escondida in Chile eine Meißellebensdauer von $800\text{ Stunden} \pm 50\text{ Stunden}$ eingeführt.

4.3 Wasserkraftbau

Wird für Umleitungstunnel (Durchmesser $5\text{--}12\text{ m} \pm 0,5\text{ m}$), Druckleitungen und unterirdische Kraftwerke (wie das Drei-Schluchten-Projekt, das Wasserkraftwerk Baihetan) verwendet. Wassererosionsbeständigkeit ($> 2500\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$) und Druckbeständigkeit zur Unterstützung eines Langzeitbetriebs ($> 1,2 \times 10^4\text{ Stunden} \pm 10^3\text{ Stunden}$), Genauigkeit von $\pm 0,05\text{ mm}$, im Einklang mit den Normen IEC 60041 und GB 50287.

4.4 Städtische unterirdische Rohrleitungsgalerie

Es wird für Aushubarbeiten in harten Bodenschichten (Druckfestigkeit $50\text{--}150\text{ MPa}$) oder Felsschichten verwendet, reduziert Bodensetzungen ($< 5\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$, Überwachungsgenauigkeit $\pm 0,05\text{ mm}$) und verbessert die Erdbebensicherheit städtischer Gebiete um $10\% \pm 2\%$ und die Hochwassersicherheit um $15\% \pm 3\%$ gemäß den Normen GB 50909 und ASTM D2487. Im Jahr 2025 wird die Setzung des unterirdischen Pipeline-Korridor-Projekts in Shanghai auf $< 3\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ begrenzt.

4.5 Militärtechnik

Wird für den Bau unterirdischer Bunker, Befestigungen und Raketensilos verwendet. Die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Konstruktion ist stoßfest ($> 100 \text{ J}$, Explosionsdruck $> 60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) und gewährleistet hohe Zuverlässigkeit. Die Lebensdauer beträgt $> 700 \pm 50$ Stunden und entspricht den Standards MIL-STD-810G und NATO AEP-55. Im Jahr 2024 wurde im Rahmen eines unterirdischen Basisprojekts eines Landes eine Stoßfestigkeit von $120 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ getestet.

4.6 Schiffstechnik

Bei Einsatz in Unterwassertunneln (wie dem Unterwasserabschnitt der Hongkong-Zhuhai-Macao-Brücke), bei Gründungspfählen für Öl- und Gasplattformen sowie im Tiefseebergbau ist es beständig gegen Seewasserkorrosion ($> 3500 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl^- -Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$) und antibiologische Haftung ($< 0,8 \% \pm 0,2 \%$), unterstützt Tiefseeoperationen ($> 2500 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) und entspricht den Standards API RP 2A und DNVGL-RP-C203. Im Jahr 2023 beträgt die Aushubtiefe der Gründungspfähle für norwegische Ölfelder in der Nordsee $2200 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

4.7 Neues Energieprojekt

Wird für geothermische Bohrungen (Tiefe $> 3000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$, Temperatur $> 200 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) und den Aushub von Windkrafturmfundamenten verwendet. Die hohe Temperaturbeständigkeit ($> 700 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) und Ermüdungsbeständigkeit ($> 1,5 \times 10^6\text{-fach} \pm 10^5\text{-fach}$) ermöglichen einen Langzeitbetrieb und entsprechen der Norm IEC 61400-1.

5. Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

5.1 Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessert die Härte ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$), und die Zugabe von TaC ($1\text{--}3 \% \pm 0,1 \%$) und NbC ($0,5\text{--}1,5 \% \pm 0,1 \%$) verbessert die Hochtemperaturstabilität ($> 900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ behält $95 \% \pm 2 \%$ der ursprünglichen Härte bei) und die Wärmerissbeständigkeit (Rissdichte $< 0,1 \text{ mm}^{-1} \pm 0,01 \text{ mm}^{-1}$). Forschung im Jahr 2024: Die Zugabe von ZrC verbessert die Oxidationsbeständigkeit (Sauerstoffgewichtszunahme $< 0,2 \% \pm 0,05 \%/\text{h}$).

5.2 Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (wie piezoelektrische Dehnungsmessstreifen, Genauigkeit $\pm 0,05 \%$; Infrarot-Wärmebildkameras, Genauigkeit $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) überwachen Verschleiß (Tiefe $> 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$), Temperatur ($> 600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$) und Vibration (Beschleunigung $< 10 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen durch IoT- und KI-Plattformen (Vorhersagefehler $< 5 \% \pm 1 \%$). Erfolgreiche Tests durch das deutsche Unternehmen Herrenknecht im Jahr 2025.

5.3 3D-Drucktechnologie

Selektives Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$, Scangeschwindigkeit $800\text{--}1200 \text{ mm/s} \pm 50 \text{ mm/s}$) dient zur Herstellung komplexer Pickstrukturen. Dadurch wird der Materialabfall um $10\text{--}15 \% \pm 2 \%$ reduziert und die kundenspezifischen Designmöglichkeiten verbessert (Porosität $< 0,05 \% \pm 0,01 \%$). Die Auszeichnung der Chinesischen Akademie der Wissenschaften aus dem Jahr 2024: Die Festigkeit der gedruckten Picks erreicht $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.4 Umweltanpassungsfähigkeit

Entwicklung von kältebeständigen ($-50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) Spitzhacken, geeignet für die Polartechnik (Verschleißfestigkeit konstant $90\% \pm 5\%$, Schlagzähigkeit $> 60\text{ J} \pm 5\text{ J}$); strahlungsbeständige Spitzhacken (beständig gegen γ -Strahlendosis $> 10^6\text{ Gy} \pm 10^5\text{ Gy}$) für die Entsorgung von Atommüll. Im Jahr 2025 testete die japanische JAXA, dass die Strahlenbeständigkeit $95\% \pm 2\%$ erreichte.

5.5 Nachhaltigkeit

Verwenden Sie recyceltes WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\% \pm 5\%$), um den CO_2 -Fußabdruck zu reduzieren (CO_2 -Emissionen um $20\% \pm 3\%$ reduziert), im Einklang mit den Normen ISO 14040 und dem EU Green Certification Project 2024.

6. Nationale und internationale Standards und Sicherheitsaspekte

6.1 Nationale und internationale Standards

Die Herstellung und Verwendung von Spitzhacken muss einer Reihe internationaler und nationaler Normen entsprechen, darunter OSHA 1926.800 (Tunnelsicherheit in den USA), ISO 45001 (Managementsysteme für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz), EN 1997-1 (europäische Fundamentkonstruktion), JTG 3370.1 (chinesische Straßentunnelkonstruktion), ISO 11228-1 (manuelle Handhabung), AS 2294 (Bergbausicherheit in Australien), IEC 60041 (Turbinen und Pumpen), GB 50909 (chinesische Konstruktion unterirdischer Räume), MIL-STD-810G (militärische Umwelttechnik in den USA), NATO AEP-55 (NATO-Explosionsschutz), API RP 2A (Öl und Gas in den USA), DNVGL-RP-C203 (norwegischer Offshore-Code) und IEC 61400-1 (Windkraftherzeugung). Aktualisierung 2025: ISO 19443 (Qualitätsmanagement in der Nuklearindustrie) ist in der Norm für Spitzhacken zur Atommüllentsorgung enthalten.

6.2 Sicherheitsüberlegungen

Bei Verschleiß über dem Grenzwert (Tiefe $> 5\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$) beträgt die Austauschrate $> 98\% \pm 1\%$, die Unfallrate $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (hauptsächlich Zahnbrüche oder Spritzer). Bediener müssen Schutzausrüstung tragen (schlagfeste Schutzbrillen, Schutzhelme, Schutzkleidung gemäß EN 397). Umgebungen mit hohen Temperaturen ($> 600\text{ °C} \pm 50\text{ °C}$) müssen mit einem Kühlsystem ausgestattet sein, um das Risiko thermischer Belastungen um $5\% \pm 1\%$ zu reduzieren. Statistiken aus dem Jahr 2024: Der Anteil der mit Spitzhacken verbundenen Unfälle im weltweiten Tunnelbau liegt bei $< 0,05\% \pm 0,01\%$, hauptsächlich aufgrund unzureichender Wartung.

Dank ihrer hervorragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften, der breiten Palette an Anwendungsszenarien, der kontinuierlichen technologischen Innovation und ihrer Anpassungsfähigkeit an die Umwelt sind Hartmetall-Tunnelbohrmaschinenmeißel zu einem unverzichtbaren Kernbestandteil moderner Tunnelausrüstung geworden. Sie fördern die effiziente Entwicklung des Infrastrukturbaus, der Ressourcenentwicklung, der nationalen Verteidigungstechnik und neuer Energiefelder und bieten gleichzeitig starke technische Unterstützung bei der Bewältigung komplexer globaler geologischer Herausforderungen und der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

nachhaltigen Entwicklung.



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Hartmetall-Meißel für Kohlebergbaumaschinen

Hartmetall-Meißel für Kohlebergbaumaschinen sind hocheffiziente Schneidwerkzeuge für Kohlebergbaumaschinen (z. B. Continuous Miner oder Tunnelbohrmaschinen) zum Zerkleinern und Abbauen von Kohleflözen, Gesteinszwischenschichten oder komplexen Formationen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (z. B. Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit modernen Herstellungsverfahren und optimiertem Design. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Zuverlässigkeit in Kohlebergbaumaschinen mit hoher Staub-, Feuchtigkeits- und Belastungsbelastung. Als Schlüsselkomponente an der Vorderseite der Kohlebergbaumaschine beeinflusst die Meißel direkt die Effizienz des Kohlebergbaus, die Lebensdauer der Ausrüstung, die Grubensicherheit und die Kostenkontrolle und spielt eine unverzichtbare Rolle im Kohlebergbau, im Grubenbau und verwandten Bereichen. Basierend auf den neuesten Informationen zur gesamten Netzwerk- und Branchenentwicklung werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen der Meißel umfassend erläutert.

1. Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Kohlebergbaumaschinen-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Meißeln

Hartmetall-Meißel verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) als Bindephase und Spurenzusätze (wie Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$) zur Optimierung der Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt durch ein pulvermetallurgisches Verfahren. Zu den üblicherweise verwendeten Methoden gehören das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$). Dadurch wird sichergestellt, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte und eine Porosität von $<0,1\% \pm 0,05\%$ erreicht. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert und das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse).

Die geometrische Gestaltung der Spitzhacke ist vielfältig, gängige Formen sind unter anderem konisch (Scheitelwinkel $60^\circ-90^\circ \pm 5^\circ$), keilförmig (Kantenwinkel $30^\circ-45^\circ \pm 2^\circ$) und kugelförmig (Krümmungsradius $5-10\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$), mit einer an der Spitze eingebetteten Hartmetallschicht (Dicke $2-7\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, an manchen Stellen bis zu $10\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$), und die Basis besteht aus hochfestem legiertem Stahl (wie 40CrMo, 42CrMo oder Manganstahl mit Abschreckhärte HRC $40-52 \pm 2$). Die Installation erfolgt mittels Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $> 600\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Plasmaschweißen oder mechanischer Klemmung (Klemmkraft $> 10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), befestigt am Schneidkopf der Kohlebergbaumaschine ($40-80$ Meißel ± 5 pro Meter Schneidkopf, je nach Modell). Das Design integriert Schneidmechanik, Wärmeleitung und optimierte Spannungsverteilung. Die Meißelgeometrie (Eintrittswinkel $30-45^\circ \pm 5^\circ$, Rückneigungswinkel $5-15^\circ \pm 2^\circ$) und die Schlackennut (Nuttiefe $5-12\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$, Nutbreite $10-20\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$, Neigungswinkel $15-30^\circ \pm 2^\circ$) verbessern die Effizienz des Kohlebergbaus und die Schlackenaustragskapazität. Es eignet sich für Kohleflöze mit einer Druckfestigkeit von $50-150\text{ MPa}$, Weichgestein oder zwischengelagertes Ganggestein mit einem Feuchtigkeitsgehalt von $>10\% \pm 5\%$.

2. Eigenschaften und Funktionsprinzip von Hartmetall-Kohlebergbaumaschinen-Meißeln

2.1 Materialeigenschaften

WC bietet eine hohe Härte (HV $1800-2200 \pm 30$, lokal bis zu $2400-2600 \pm 50$) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsbeginn Temperatur $> 800\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} $12-16\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu $18\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 150\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $<0,05\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (vorzugsweise $<0,03\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Dichte $14,8-15,2\text{ g/cm}^3 \pm 0,1\text{ g/cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 wird eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $<0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(Korrosionsrate $< 0,01$ mm/Jahr $\pm 0,001$ mm/Jahr, H₂S-Beständigkeit > 2000 Stunden ± 100 Stunden); TaC verbessert die Hochtemperaturhärte ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ behält 90 % ± 2 % der ursprünglichen Härte bei).

2.2 Funktionsprinzip

Durch die Rotation der Kohlebergbaumaschine (Geschwindigkeit 400–1000 U/min ± 50 U/min, abhängig von der Leistung der Ausrüstung) und die Zugkraft (20–100 kN ± 5 kN, bis zu 200 kN ± 10 kN) schneidet die Spitzhacke in das Kohleflöz, um eine kontinuierliche Schneidfläche zu bilden, und zerkleinert das Kohlegestein durch Extrusion (Kontaktdruck 150–300 MPa ± 20 MPa) und Scherung (Scherfestigkeit 40–80 MPa ± 5 MPa). Die Hartmetallschicht an der Spitze trägt die Hauptverschleiß- und Wärmebelastung (Oberflächentemperatur 400–600 $^{\circ}\text{C} \pm 50$ $^{\circ}\text{C}$, kurzzeitig bis zu 800 $^{\circ}\text{C} \pm 50$ $^{\circ}\text{C}$), während die Stahlmatrix für strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit > 1000 MPa ± 50 MPa), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 W/m·K ± 2 W/m·K) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal, zyklische Belastung > 150 MPa ± 20 MPa) sorgt.

2.3 Leistungstests

Unter den Bedingungen von Kohleflözen (Druckfestigkeit 50–100 MPa), Sandsteinschicht (Druckfestigkeit 100–150 MPa) und Schiefergestein (Druckfestigkeit 80–120 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Meißel mehr als 400–700 Stunden ± 50 Stunden (je nach geologischen Bedingungen) und die Schneidleistung erreicht 10–20 t/h ± 1 t/h (bis zu 25 t/h ± 1 t/h, Leistung > 500 kW ± 50 kW). Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtlichen Oberflächenrisse, die Verschleißtiefe beträgt $< 0,05$ mm $\pm 0,01$ mm (vorzugsweise $< 0,03$ mm $\pm 0,01$ mm), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase (> 95 % ± 2 %) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung < 80 MPa ± 10 MPa beträgt.

3. Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Kohlebergbaumaschinen-Meißeln beeinflussen

3.1 Co-Gehalt

Bei 6–12 % ± 1 % wird das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit erreicht, < 6 % ± 1 % führt zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % ± 2 %, > 12 % ± 1 % verringert die Härte um 5 % ± 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und 8–10 % $\pm 0,5$ % werden bevorzugt, um Leistung und Kosten ins Gleichgewicht zu bringen.

3.2 Korngröße

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm können Verschleiß und Mikrorisse wirksam reduzieren (Verschleißrate $< 0,03$ mm³/N·m $\pm 0,01$ mm³/N·m), 1–1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm ist für Kohlegestein mittlerer Härte geeignet, > 2 $\mu\text{m} \pm 0,01$ μm erhöht die Verschleißrate um 15 % ± 3 % und verringert die Zähigkeit um 10 % ± 2 %.

3.3 Spitzenwinkel

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$30^{\circ}\text{--}45^{\circ}\pm 5^{\circ}$ optimieren die Schneidleistung (Schneidkraft $< 8\text{ kN}\pm 1\text{ kN}$, Energieverbrauch $< 40\text{ kWh/t}\pm 5\text{ kWh/t}$), $> 50^{\circ}\pm 5^{\circ}$ verringert die Schneidleistung um $10\%\pm 2\%$ und $< 30^{\circ}\pm 5^{\circ}$ führt leicht zu einem Kantenkollapsrisiko von $5\%\pm 1\%$.

3.4 Oberflächenbehandlung

Die Hartmetallschichtdicke von $2\text{--}5\text{ mm}\pm 0,1\text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Lebensdauererlängerung um $20\%\pm 3\%$), $< 2\text{ mm}\pm 0,1\text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20\%\pm 3\%$, $> 5\text{ mm}\pm 0,1\text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15\%\pm 2\%$. Eine TiN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1\text{ }\mu\text{m}\pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($< 0,3\pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($> 700\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

3.5 Wärmebehandlung

Durch Abschrecken des Grundstahls (Härte HRC $40\text{--}52\pm 2$, Tiefe $1\text{--}2,5\text{ mm}\pm 0,2\text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) wird die Stützleistung verbessert, die Lebensdauer der nicht abgeschreckten Basis um $15\%\pm 3\%$ reduziert und die Restspannung durch Anlassen ($200\text{--}250\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $2\text{--}4\text{ Stunden}\pm 0,5\text{ Stunden}$) um $5\%\pm 1\%$ reduziert.

3.6 Arbeitsumgebung

Ein Wassergehalt von $> 10\%\pm 2\%$ oder ein Staubgehalt von $> 5\%\pm 1\%$ erhöht den Verschleiß um $5\%\pm 1\%$. Temperaturen von $> 500\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduzieren die Härte um $3\%\pm 1\%$. In einer Umgebung mit H_2S (Konzentration $> 0,1\%\pm 0,02\%$) erhöht sich die Korrosionsrate auf $0,015\text{ mm/Jahr}\pm 0,002\text{ mm/Jahr}$.

3.7 Geräteparameter

Die Zuggeschwindigkeit von $0,5\text{--}1,5\text{ m/min}\pm 0,1\text{ m/min}$, das Drehmoment von $500\text{--}3000\text{ kN}\cdot\text{m}\pm 100\text{ kN}\cdot\text{m}$ und die Leistung von $300\text{--}1000\text{ kW}\pm 50\text{ kW}$ beeinflussen die Lebensdauer und Effizienz der Meißel. Zu hohe Parameter ($>$ Obergrenze $10\%\pm 1\%$) verkürzen die Lebensdauer um $15\%\pm 2\%$.

4. Anwendung von Hartmetall-Bergbaumaschinen-Meißeln

4.1 Kohlebergbau

Wird in unterirdischen Kohleflözen (Druckfestigkeit $50\text{--}100\text{ MPa}$), im Tagebau und beim Abbau dicker Kohleflöze verwendet, mit einer Lebensdauer von $400\text{--}700\text{ Stunden}\pm 50\text{ Stunden}$, unterstützt komplexe geologische Bedingungen wie Störungszonen (Verschiebung $> 0,5\text{ m}\pm 0,1\text{ m}$) oder Gebiete mit hoher Gaskonzentration (Gaskonzentration $> 1\%\pm 0,2\%$), gemäß den Normen MT/T 1056 und ISO 19225. Fall aus dem Jahr 2024: Die Kohleabbaugeschwindigkeit einer Mine in Shanxi erreichte $15\text{ t/h}\pm 1\text{ t/h}$.

4.2 Minenbau

Bei Anwendung im Tunnelbau (Abschnitt $3\text{--}6\text{ m}^2\pm 0,5\text{ m}^2$) und in der Stütztechnik gewährleistet die Schlagfestigkeit ($> 50\text{ J}$, Spitzenwert bis zu $150\text{ J}\pm 10\text{ J}$) effizienten Tunnelbau, eignet sich für

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tiefbrunnenarbeiten ($> 1000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) und entspricht den Normen GB 16423 und AS 2294. Im Jahr 2023 betrug die Tunneltiefe eines Bergwerks in der Inneren Mongolei $800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

4.3 Behandlung von Gangart

Es wird zum Brechen von Sandgehalten $>5 \% \pm 1 \%$ oder Gesteinszwischen-schichten verwendet. Seine Verschleißfestigkeit ermöglicht einen Langzeitbetrieb ($> 1 \times 10^4 \text{ Stunde} \pm 10^3 \text{ Stunde}$). Die Genauigkeit erreicht $\pm 0,05 \text{ mm}$ und entspricht dem MT/T 941-Standard.

4.4 Spezielle Mineralien

Die Korrosionsbeständigkeit ($> 2000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$) wird bei Braunkohle (Druckfestigkeit 40–80 MPa) und im Zusammenhang mit dem Abbau seltener Metalle angewendet. Sie hält rauen Umgebungen stand und entspricht der Norm ISO 11228-1. Im Jahr 2025 erreichte der Korrosionsbeständigkeitstest eines Seltenerdbergbauprojekts in Xinjiang $95 \% \pm 2 \%$.

4.5 Energieumwandlung

Wird für die Förderung von Kohleflözgas (Tiefe $> 500 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$) und die Nutzung von Kohlegangart verwendet. Die hohe Temperaturbeständigkeit ($> 600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) unterstützt den Langzeitbetrieb und entspricht dem GB 50263-Standard.

5. Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

5.1 Neue Materialien

Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte (HV 2200–2600 $\pm$ 50), Zugabe von TaC (1–3 $\% \pm 0,1 \%$) zur Verbesserung der Hochtemperaturstabilität ($>900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ zur Erhaltung von 95 $\% \pm 2 \%$ der ursprünglichen Härte). Forschung im Jahr 2024: Zugabe von ZrC zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit (Sauerstoffgewichtszunahme $<0,2 \% \pm 0,05 \%/h$).

5.2 Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (z. B. piezoelektrische Dehnungsmessstreifen, Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $>1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Vibration (Beschleunigung $<8 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen (Vorhersagefehler $<5 \% \pm 1 \%$). Ein Unternehmen hat dies 2025 erfolgreich getestet.

5.3 3D-Drucktechnologie

Selektives Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $40\text{--}60 \text{ }\mu\text{m} \pm 5 \text{ }\mu\text{m}$) wird zur Herstellung komplexer Pickstrukturen eingesetzt, wodurch der Materialabfall um $10 \pm 2 \%$ reduziert wird. Die Ergebnisse des China Coal Research Institute aus dem Jahr 2024: Die Festigkeit gedruckter Picks erreicht $1400 \pm 50 \text{ MPa}$.

5.4 Umweltanpassungsfähigkeit

Entwicklung von kältebeständigen ($-40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$) Meißeln, die für Kohlebergwerke in kalten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Regionen geeignet sind (Verschleißfestigkeit bei $90 \% \pm 5 \%$). Gasbeständige Meißel (Gasbeständigkeitskonzentration $> 2 \% \pm 0,2 \%$) werden in Bergwerken mit hohem Risiko eingesetzt und die getestete Gasbeständigkeit wird im Jahr 2025 $98 \% \pm 2 \%$ erreichen.

5.5 Nachhaltigkeit

Die Verwendung von recyceltem WC-Pulver (Recyclingrate $> 80 \% \pm 5 \%$) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Emissionen um $20 \% \pm 3 \%$ reduziert), in Übereinstimmung mit den Normen ISO 14040, 2024 Green Certification Project.

6. Nationale und internationale Standards und Sicherheitsaspekte

6.1 Nationale und internationale Standards

Die Herstellung und Verwendung von Spitzhacken muss einer Reihe internationaler und nationaler Normen entsprechen, darunter OSHA 1926.800 (US-Bergbausicherheit), ISO 45001 (Arbeitsschutz), MT/T 1056 (chinesische Kohlebergbaumaschinen-Spitzhacken), ISO 19225 (Bergbaumaschinen), GB 16423 (chinesisches Bergwerksdesign), AS 2294 (australische Bergbausicherheit) und IEC 60079 (explosionsgefährdete Bereiche). Aktualisiert im Jahr 2025: ISO 19443 enthält Normen zur Entsorgung nuklearer Abfälle.

6.2 Sicherheitsüberlegungen

Der Verschleiß überschreitet den Grenzwert (Tiefe $> 5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), die Austauschrate liegt bei $> 98 \% \pm 1 \%$, die Unfallrate bei $< 0,1 \% \pm 0,05 \%$ (hauptsächlich Zahnbrüche oder Spritzer). Bediener müssen Schutzausrüstung tragen (schlagfeste Brillen, Schutzhelme gemäß EN 397). Umgebungen mit hohen Temperaturen ($> 500^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) müssen mit einem Belüftungssystem ausgestattet sein, um das Risiko einer Gasansammlung um $5 \% \pm 1 \%$ zu reduzieren. Statistiken aus dem Jahr 2024: Der Anteil der Unfälle im Zusammenhang mit der Grubenarbeit in Kohlebergwerken liegt weltweit bei $< 0,05 \% \pm 0,01 \%$, hauptsächlich aufgrund unzureichender Wartung.

6.3 Relevante Vorschriften

Unter Einhaltung der EU-Verordnung REACH (Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Stoffe) und der RoHS-Richtlinie (Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe) wird der durch die CO₂-Emissionssteuer verursachte Kostenanstieg im Jahr 2025 $< 5 \% \pm 1 \%$ betragen.

Hartmetall-Kohlebergbau-Maschinenmeißel sind aufgrund ihrer hervorragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften, ihres breiten Anwendungsspektrums, ihrer kontinuierlichen technologischen Innovation und ihrer Anpassungsfähigkeit an die Umwelt zu einem unverzichtbaren Kernbestandteil moderner Kohlebergbaausrüstung geworden. Sie tragen zur Verbesserung der Effizienz des Kohlebergbaus, der Minensicherheit und der nachhaltigen Entwicklung bei und bieten umfassende technische Unterstützung bei der Bewältigung komplexer geologischer Bedingungen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Hartmetall-Gesteinsbohr- und Imlochbohrpickel

Hartmetall-Gesteinsbohr- und Imlochbohrpickel sind hocheffiziente Bohrwerkzeuge für Gesteins- und Imlochbohrmaschinen zum Aufbrechen von hartem Gestein, komplexen Formationen oder tiefen Erzlagerstätten. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit modernen Herstellungsverfahren und optimiertem Design. Dadurch werden hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagzähigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit erreicht und so eine hohe Effizienz und Zuverlässigkeit auch bei hohem Druck, starken Vibrationen und hohen Temperaturen gewährleistet. Als Schlüsselkomponente an der Vorderseite von Gesteins- und Imlochbohrmaschinen wirken sich Pickel direkt auf die Bohreffizienz, die Lebensdauer der Ausrüstung und die technische Sicherheit aus und spielen eine unverzichtbare Rolle beim Mineralienabbau, der geologischen Exploration und dem Infrastrukturbau. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und der Branchenentwicklung werden im folgenden Inhalt die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Pickeln umfassend erläutert.

1. Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Gesteinsbohr- und Imlochbohrpickeln

Hartmetall-Meißel verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) als Bindephase und Spurenzusätze (wie Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$) zur Optimierung der Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt durch ein pulvermetallurgisches Verfahren. Zu den üblicherweise verwendeten Methoden gehören das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$). Dadurch wird sichergestellt, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte und eine Porosität von $<0,1\% \pm 0,05\%$ erreicht. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert und das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse).

Die geometrische Gestaltung der Spitzhacke ist vielfältig, gängige Formen sind unter anderem konisch (Scheitelwinkel $60^\circ-90^\circ \pm 5^\circ$), Kugelkopf (Krümmungsradius $5-10\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$) und flach (Kantenwinkel $30^\circ-45^\circ \pm 2^\circ$), mit einer an der Spitze eingebetteten Hartmetallschicht (Dicke $2-7\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, lokal bis zu $10\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$) und einer Basis aus hochfestem legiertem Stahl (wie 40CrMo, 42CrMo oder hochchromhaltigem Stahl, Abschreckhärte HRC $40-52 \pm 2$). Die Installation erfolgt per Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $> 600\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Plasmaschweißen oder mechanischem Klemmen (Klemmkraft $> 10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), befestigt am Gesteinsbohrer oder Imlochbohrer ($30-60$ Meißel ± 5 pro Bohrer, je nach Durchmesser). Das Design integriert Schneidmechanik, Wärmeleitung und Optimierung der Spannungsverteilung. Die Meißelgeometrie (Gesteinseintrittswinkel $30-45^\circ \pm 5^\circ$, Spanwinkel $5-15^\circ \pm 2^\circ$) und die Spanleitstufe (Nuttiefe $5-12\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$, Nutbreite $10-20\text{ mm}$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

± 1 mm, Neigungswinkel $15-30^\circ \pm 2^\circ$) verbessern die Bohrleistung und die Spanabfuhr. Es eignet sich für hartes Gestein mit einer Druckfestigkeit von 100–300 MPa oder komplexe Formationen mit einem Wassergehalt von $>15\% \pm 5\%$.

2. Eigenschaften und Funktionsprinzip von Hartmetall-Gesteinsbohr- und Imlochbohrmeißeln

2.1 Materialeigenschaften

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 $\pm$ 30, lokal bis zu 2400–2600 $\pm$ 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsbeginnntemperatur $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} 12–16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 150\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte 14,8–15,2 g/cm $^3 \pm 0,1\text{ g/cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr $_3$ C $_2$ wird eine Cr $_2$ O $_3$ -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm/Jahr} \pm 0,001\text{ mm/Jahr}$, H $_2$ S-Beständigkeit > 2000 Stunden ± 100 Stunden); TaC verbessert die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ behält 90 % $\pm 2\%$ der ursprünglichen Härte bei).

2.2 Funktionsprinzip

Durch die Rotation (Drehzahl 600–1500 U/min ± 50 U/min, abhängig von der Leistung des Geräts) und die Schlagkraft (50–200 kN ± 5 kN, bis zu 400 kN ± 10 kN) des Gesteinsbohrers oder Imlochbohrers schneidet die Spitzhacke ein Loch in die Felsoberfläche und bricht das Gestein durch Extrusion (Kontaktdruck 200–500 MPa ± 20 MPa) und Scherung (Scherfestigkeit 60–120 MPa ± 5 MPa). Die Hartmetallschicht an der Spitze trägt die Hauptverschleiß- und Wärmebelastung (Oberflächentemperatur $500-700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, kurzzeitig bis zu $900^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), während die Stahlmatrix für strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit $40-50\text{ W/m}\cdot\text{K} \pm 2\text{ W/m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal, zyklische Belastung $> 250\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$) sorgt.

2.3 Leistungstests

Unter den Bedingungen von Granit (Druckfestigkeit 150–200 MPa), Basalt (Druckfestigkeit 200–250 MPa) und Kalkstein (Druckfestigkeit 120–180 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Meißel mehr als 500–800 Stunden ± 50 Stunden (je nach geologischen Bedingungen) und die Bohrleistung erreicht 5–15 m/h $\pm 1\text{ m/h}$ (bis zu 20 m/h $\pm 1\text{ m/h}$, Leistung $> 800\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtlichen Oberflächenrisse, die Verschleißtiefe beträgt $< 0,05\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung $< 120\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$ beträgt.

3. Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Gesteinsbohrern und Imlochbohrmeißeln

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

beeinflussen

3.1 Co-Gehalt

Bei $6-12 \% \pm 1 \%$ wird das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit erreicht, $<6 \% \pm 1 \%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$, $>12 \% \pm 1 \%$ verringert die Härte um $5 \% \pm 1 \%$ und erhöht die Wärmeausdehnung ($CTE 6 \times 10^{-6}/^{\circ}C \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$) und $8-10 \% \pm 0,5 \%$ werden bevorzugt, um Leistung und Kosten ins Gleichgewicht zu bringen.

3.2 Korngröße

$0,5-1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ können Verschleiß und Mikrorisse wirksam reduzieren (Verschleißrate $<0,03 \text{ mm}^3/N \cdot m \pm 0,01 \text{ mm}^3/N \cdot m$), $1-1,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$ ist für Gestein mittlerer Härte geeignet, $>2 \mu m \pm 0,01 \mu m$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$.

3.3 Spitzenwinkel

$30^{\circ}-45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Bohrleistung (Schneidkraft $<12 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, Energieverbrauch $<60 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$), $>50^{\circ} \pm 5^{\circ}$ reduziert die Bohrkapazität um $10 \% \pm 2 \%$, $<30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ führt leicht zu einem Kantenkollapsrisiko von $5 \% \pm 1 \%$.

3.4 Oberflächenbehandlung

Eine Hartmetallschichtdicke von $2-5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Lebensdauererlängerung um $20 \% \pm 3 \%$), $<2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, $>5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-1 \mu m \pm 0,1 \mu m$, Abscheidungs-temperatur $400-500^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($>700^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$).

3.5 Wärmebehandlung

Durch Abschrecken des Grundstahls (Härte HRC $40-52 \pm 2$, Tiefe $1-2,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850-900^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$) wird die Stützleistung verbessert, die Lebensdauer der nicht abgeschreckten Basis um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und die Restspannung durch Anlassen ($200-250^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$, $2-4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert.

3.6 Arbeitsumgebung

Ein Wassergehalt von $>15 \pm 2 \%$ oder ein Sandgehalt von $>5 \pm 1 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \pm 1 \%$, eine Temperatur von $>600 \pm 50^{\circ}C$ verringert die Härte um $3 \pm 1 \%$ und die Korrosionsrate erhöht sich in einer Umgebung mit H_2S oder CO_2 (Konzentration $>0,1 \pm 0,02 \%$) auf $0,015 \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

3.7 Geräteparameter

Schlagfrequenz $10-50 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$, Drehmoment $800-4000 \text{ kN} \cdot m \pm 100 \text{ kN} \cdot m$ und Leistung $600-1200 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinflussen die Lebensdauer und Effizienz des Meißels. Übermäßige Parameter ($> \text{Obergrenze } 10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

4. Anwendung von Hartmetall-Gesteinsbohrern und Imlochbohrmeißeln

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

4.1 Mineralienabbau

Wird zum Bohren in Goldminen (Druckfestigkeit 150–200 MPa), Kupferminen (200–250 MPa) und Eisenminen (180–220 MPa) verwendet, mit einer Lebensdauer von 500–800 Stunden $\pm$ 50 Stunden, unterstützt Tiefbohrarbeiten ($> 2000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) und entspricht den Normen ISO 11228-1 und AS 2294. Fall 2024: Eine Goldmine in Australien mit einer Bohrtiefe von $1800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

4.2 Geologische Erkundung

Die Schlagfestigkeit ($> 50 \text{ J}$, Spitzenwert bis zu $150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) wird beim Bohren in hartem Gestein (Druckfestigkeit 100–300 MPa) und bei Tiefbohrungen eingesetzt und gewährleistet effizientes Bohren gemäß den Normen GB/T 23562 und ASTM D2113. Im Jahr 2023 erreichte die Bohrleistung eines geologischen Projekts in Sichuan $12 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$.

4.3 Wasserkraftprojekt

Es wird zum Bohren von Wasserumleitungstunneln (Durchmesser $4\text{--}10 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$) und für Fundamente für unterirdische Kraftwerke verwendet, ist beständig gegen Wassererosion ($> 2500 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$) und unterstützt den Langzeitbetrieb und erfüllt die Norm IEC 60041.

4.4 Infrastrukturbau

Wird für Brückenpfahlgründungen (Tiefe $> 50 \text{ m} \pm 5 \text{ m}$) und Tunnelvorbohrungen verwendet, um Bodensetzungen ($< 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$) gemäß der Norm EN 1997-1 zu reduzieren. Setzungskontrolle eines Autobahnprojekts in Tibet im Jahr 2025: $< 3 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

4.5 Meeresbohrungen

Wird bei Unterwasserbohrungen nach Öl und Gas (Tiefe $> 3000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) eingesetzt und ist beständig gegen Seewasserkorrosion ($> 3500 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl^- -Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$), gemäß API RP 2A-Standard. Die Bohrtiefe in der norwegischen Nordsee beträgt im Jahr 2023 $2800 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

5. Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

5.1 Neue Materialien

Einführung von Nano-WC (Korn $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte (HV 2200–2600 ± 50), Zugabe von TaC ($1\text{--}3 \% \pm 0,1 \%$) zur Verbesserung der Hochtemperaturstabilität ($> 900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ zur Aufrechterhaltung von $95 \% \pm 2 \%$). Forschung im Jahr 2024: Zugabe von ZrC zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit (Sauerstoffgewichtszunahme $< 0,2 \% \pm 0,05 \%/h$).

5.2 Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (z. B. piezoelektrische Dehnungsmessstreifen, Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $> 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Vibration (Beschleunigung $< 12 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) in Echtzeit und optimieren so die Austauschzyklen (Vorhersagefehler $< 5 \% \pm 1 \%$). Ein deutsches Unternehmen hat dies 2025 erfolgreich getestet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.3 3D-Drucktechnologie

Selektives Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $40-60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) dient zur Herstellung komplexer Pickelstrukturen und reduziert den Materialabfall um $10 \pm 2 \%$. Die Leistung der China University of Geosciences im Jahr 2024: Die Festigkeit des gedruckten Pickels erreicht $1500 \pm 50 \text{ MPa}$.

5.4 Umweltanpassungsfähigkeit

Entwicklung von kältebeständigen ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) Meißeln, die für Polarbohrungen geeignet sind (Verschleißfestigkeit bei $90 \pm 5 \%$). Hochdruckbeständige Meißel (Druckfestigkeit $> 100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) werden für Tiefseeoperationen verwendet und die getestete Druckfestigkeit wird im Jahr 2025 $98 \pm 2 \%$ erreichen.

5.5 Nachhaltigkeit

Die Verwendung von recyceltem WC-Pulver (Recyclingrate $> 80 \pm 5 \%$) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Emissionen um $20 \pm 3 \%$ reduziert), in Übereinstimmung mit den Normen ISO 14040, 2024 Green Certification Project.

6. Nationale und internationale Standards und Sicherheitsaspekte

6.1 Nationale und internationale Standards

Die Herstellung und Verwendung von Spitzhacken muss einer Reihe internationaler und nationaler Normen entsprechen, darunter OSHA 1926.800 (Bergbausicherheit in den USA), ISO 45001 (Arbeitsschutz), EN 1997-1 (europäische Fundamentkonstruktion), GB/T 23562 (chinesische Bohrausrüstung), AS 2294 (Bergbausicherheit in Australien), IEC 60041 (Turbinen und Pumpen) und API RP 2A (Öl und Gas in den USA). Aktualisierung 2025: ISO 19443 enthält Normen zur Entsorgung nuklearer Abfälle.

6.2 Sicherheitsüberlegungen

Der Verschleiß überschreitet den Grenzwert (Tiefe $> 5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), die Austauschrate liegt bei $> 98 \pm 1 \%$, die Unfallrate bei $< 0,1 \pm 0,05 \%$ (hauptsächlich Zahnbrüche oder Spritzer). Bediener müssen Schutzausrüstung tragen (schlagfeste Schutzbrille, Schutzhelm gemäß EN 397). Umgebungen mit hohen Temperaturen ($> 600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) müssen mit einem Kühlsystem ausgestattet sein, um das Risiko thermischer Belastungen um $5 \pm 1 \%$ zu reduzieren. Statistiken aus dem Jahr 2024: Der Anteil der weltweiten Bohrmeißelunfälle liegt bei $< 0,05 \pm 0,01 \%$, hauptsächlich aufgrund unzureichender Wartung.

6.3 Relevante Vorschriften

Unter Einhaltung der EU-Verordnung REACH (Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Stoffe) und der RoHS-Richtlinie (Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe) wird der durch die CO₂-Emissionssteuer verursachte Kostenanstieg im Jahr 2025 $< 5 \pm 1 \%$ betragen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartmetall-Gesteinsbohrer und Imlochbohrmeißel sind aufgrund ihrer hervorragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften, ihres breiten Anwendungsspektrums, ihrer kontinuierlichen technologischen Innovation und ihrer Anpassungsfähigkeit an die Umwelt zu unverzichtbaren Kernkomponenten moderner Bohrgeräte geworden. Sie haben die Effizienz des Mineralienabbaus, der geologischen Exploration und des Infrastrukturbaus gesteigert und bieten umfassende technische Unterstützung bei der Bewältigung komplexer geologischer Bedingungen und Tiefbohrungen.

Hartmetall-Rollenbohrer

Hocheffizientes Bohrwerkzeug für Ölbohrungen, Erdgasförderung und geologische Erkundungen zum Aufbrechen von harten Gesteinsformationen, komplexen Formationen oder tiefen Erzkörpern. Sein Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) zur Herstellung der Zähne, kombiniert mit einem hochfesten Stahlkörper und optimiertem Design, um hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagzähigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit zu bieten und so eine hohe Effizienz und Zuverlässigkeit unter hohem Druck, hoher Geschwindigkeit und hohen Temperaturen sicherzustellen. Als Schlüsselkomponente am vorderen Ende der Bohranlage beeinflusst der Rollenbohrer direkt die Bohreffizienz, die Lebensdauer des Bohrers und die Entwicklungskosten und spielt eine unersetzliche Rolle im Bereich der Energieentwicklung und beim Tiefbohren. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und zur Branchenentwicklung werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen des Rollenbohrers umfassend erläutert.

1. Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Rollenbohrern

Die Hartmetallzähne verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $< 1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$), um Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit zu optimieren. Die Herstellung erfolgt durch ein pulvermetallurgisches Verfahren. Zu den üblicherweise verwendeten Methoden gehören das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$). Dadurch wird sichergestellt, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte und eine Porosität von $<0,1\% \pm 0,05\%$ erreicht. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert und das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse).

Der Bohrerkörper besteht aus hochfestem legiertem Stahl (z. B. 42CrMo oder AISI 4340, Härte HRC $40-52 \pm 2$). Die Zähne sind mit Hartmetall eingelegt (Dicke $3-8\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, lokal bis zu $12\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$). Die Befestigung erfolgt durch Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $> 700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) oder Plasmaschweißen. Das Design integriert Schneidmechanik, Wärmeleitung und optimierte Spannungsverteilung. Die Kegelgeometrie (Gesteinseintrittswinkel $30-45 \pm 5^\circ$, Spanwinkel $5-15 \pm 2^\circ$) und die Spanrinne (Rillentiefe $8-15\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$, Rillenbreite $12-25\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$, Neigungswinkel $15-30 \pm 2^\circ$) verbessern die Bohrleistung und die Spanabfuhr. Geeignet für Hartgestein mit einer Druckfestigkeit von $100-350\text{ MPa}$, Weichgestein mit einem Wassergehalt von $>15\% \pm 5\%$ oder Mischgestein mit einem Sandgehalt von $>10\% \pm 2\%$. Der Bohrerdurchmesser beträgt je nach Bohrlochtiefe und geologischen Bedingungen $152-660\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ($6-26\text{ Zoll}$).

2. Eigenschaften und Funktionsprinzip von Hartmetall-Rollenbohrern

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.1 Materialeigenschaften

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200±30, lokal bis zu 2400–2600±50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsbeginntemperatur > 800 °C ± 20 °C); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} 12–16 MPa·m^{1/2}±0,5, Spitzenwert bis zu 18 MPa·m^{1/2}±0,5) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie (> 50 J ± 5 J, momentaner Spitzenwert > 200 J ± 10 J). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate <0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (vorzugsweise <0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), Dichte 14,8–15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Durch Zugabe von Cr₃C₂ wird eine Cr₂O₃-Schutzschicht (Dicke <0,1 µm±0,01 µm) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr, H₂S-Beständigkeit > 2500 Stunden ±100 Stunden); TaC verbessert die Hochtemperaturhärte (>900°C±20°C behält 90 %±2 % der ursprünglichen Härte bei).

2.2 Funktionsprinzip

Durch die Rotation des Bohrgeräts (Drehzahl 60–200 U/min ± 10 U/min, abhängig von der Bohrlochtiefe) und den Bohrdruck (50–300 kN ± 5 kN, bis zu 500 kN ± 10 kN) rollt der Rollenmeißel in die Felsformation und zerbricht das Gestein durch Extrusion (Kontaktdruck 250–600 MPa ± 20 MPa) und Scherung (Scherfestigkeit 70–150 MPa ± 5 MPa). Die Hartmetallzähne tragen den größten Verschleiß und die größte Wärmebelastung (Oberflächentemperatur 500–800 °C ± 50 °C, kurzzeitig bis zu 1000 °C ± 50 °C), während der Stahlkörper für die strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit > 1200 MPa ± 50 MPa), die Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 W/m·K ± 2 W/m·K) und die Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer > 10⁶-mal ± 10⁵-mal, zyklische Belastung > 300 MPa ± 20 MPa) sorgt.

2.3 Leistungstests

Unter den Bedingungen von Sandstein (Druckfestigkeit 120–180 MPa), Kalkstein (150–220 MPa) und Granit (200–300 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer des Rollenmeißels mehr als 400–700 Stunden ± 50 Stunden (je nach geologischen Bedingungen) und die Bohrgeschwindigkeit erreicht 10–25 m/h ± 1 m/h (bis zu 30 m/h ± 1 m/h, Leistung > 1000 kW ± 50 kW). Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtlichen Risse in den Zähnen, die Verschleißtiefe beträgt < 0,05 mm ± 0,01 mm (vorzugsweise < 0,03 mm ± 0,01 mm), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase (> 95 % ± 2 %) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung < 150 MPa ± 10 MPa beträgt.

3. Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Rollenbohrern beeinflussen

3.1 Co-Gehalt

Bei 6–12 % ± 1 % wird das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit erreicht, <6 % ± 1 % führt zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % ± 2 %, >12 % ± 1 % verringert die Härte um 5 % ± 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und 8–10 % ± 0,5 % werden

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

bevorzugt, um Leistung und Kosten ins Gleichgewicht zu bringen.

3.2 Korngröße

$0,5-1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ können Verschleiß und Mikrorisse wirksam reduzieren (Verschleißrate $<0,03\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1-1,5\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ ist für Gestein mittlerer Härte geeignet, $>2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15\% \pm 3\%$ und verringert die Zähigkeit um $10\% \pm 2\%$.

3.3 Zahnwinkel

$30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$ optimiert die Bohrleistung (Schnittkraft $<15\ \text{kN} \pm 1\ \text{kN}$, Energieverbrauch $<70\ \text{kWh}/\text{m}^3 \pm 5\ \text{kWh}/\text{m}^3$), $>50^\circ \pm 5^\circ$ reduziert die Bohrleistung um $10\% \pm 2\%$, $<30^\circ \pm 5^\circ$ führt leicht zu einem Zahnbruchrisiko von $5\% \pm 1\%$.

3.4 Oberflächenbehandlung

Eine Hartmetallzahnstärke von $3-6\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Lebensdauererhöhung um $20\% \pm 3\%$), $<3\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$, $>6\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ erhöht die Kosten um $15\% \pm 2\%$. Eine TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-1\ \mu\text{m} \pm 0,1\ \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400-500\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($>700\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$).

3.5 Wärmebehandlung

Der Stahlkörper wird abgeschreckt (Härte HRC $40-52 \pm 2$, Tiefe $1,5-3\ \text{mm} \pm 0,2\ \text{mm}$, Abschrecktemperatur $850-900\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$), um die Stützleistung zu verbessern. Die Lebensdauer des nicht abgeschreckten Stahlkörpers wird um $15\% \pm 3\%$ reduziert und das Anlassen ($200-250\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$, $2-4\ \text{Stunden} \pm 0,5\ \text{Stunden}$) reduziert die Restspannung um $5\% \pm 1\%$.

3.6 Arbeitsumgebung

Ein Wassergehalt von $>15 \pm 2\%$ oder ein Sandgehalt von $>10 \pm 1\%$ erhöht den Verschleiß um $5 \pm 1\%$, eine Temperatur von $>700\ ^\circ\text{C} \pm 50\ ^\circ\text{C}$ verringert die Härte um $3 \pm 1\%$ und die Korrosionsrate erhöht sich in einer Umgebung mit H_2S oder CO_2 (Konzentration $>0,1 \pm 0,02\%$) auf $0,015\ \text{mm}/\text{Jahr} \pm 0,002\ \text{mm}/\text{Jahr}$.

3.7 Geräteparameter

Bohrdruck $50-300\ \text{kN} \pm 5\ \text{kN}$, Drehzahl $60-200\ \text{U}/\text{min} \pm 10\ \text{U}/\text{min}$ und Drehmoment $1000-6000\ \text{kN}\cdot\text{m} \pm 100\ \text{kN}\cdot\text{m}$ beeinflussen die Lebensdauer und Effizienz des Bohrers. Zu hohe Parameter ($>$ Obergrenze $10\% \pm 1\%$) verkürzen die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$.

4. Anwendung von Hartmetall-Rollenbohrern

4.1 Öl und Gas

Wird für Tiefbohrungen (Tiefe $>5000\ \text{m} \pm 100\ \text{m}$) und komplexe Formationen (wie sandhaltige Ölschichten, Druckfestigkeit $150-250\ \text{MPa}$) verwendet, Lebensdauer $500-800\ \text{Stunden} \pm 50\ \text{Stunden}$, entsprechend API Spec 7-1-Standard. Fall 2024: Die Bohrtiefe eines saudischen Ölfelds

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

beträgt 4800 m $\pm$ 50 m.

4.2 Geologische Erkundung

Bei der Kernbohrung in hartem Gestein (Druckfestigkeit 100–300 MPa) und beim Tiefbohren gewährleistet die Schlagfestigkeit (> 50 J, Spitzenwert bis zu $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) effizientes Bohren gemäß der Norm GB/T 23562. Im Jahr 2023 betrug die Bohrrate eines Explorationsprojekts in Qinghai $20 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$.

4.3 Mineralienabbau

Es wird zum Bohren in Kupferminen (200–250 MPa), Goldminen (150–200 MPa) und Seltenerdminen (180–220 MPa) verwendet, unterstützt Tiefbohrungen ($> 3000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) und entspricht der Norm ISO 11228-1. Im Jahr 2025 betrug die Bohrtiefe einer Kupfermine in Chile $2500 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

4.4 Geothermische Entwicklung

Wird in Hochtemperatur-Geothermiebohrungen (Tiefe $> 4000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$, Temperatur $> 250 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) verwendet. Die hohe Temperaturbeständigkeit ($> 800 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) unterstützt den Langzeitbetrieb und entspricht der Norm IEC 61400-1.

4.5 Offshore-Bohrungen

Wird bei Unterwasserbohrungen nach Öl und Gas (Tiefe $> 3500 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) eingesetzt. Beständig gegen Seewasserkorrosion (> 4000 Stunden ± 100 Stunden, Beständigkeit gegen Cl^- -Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$), gemäß DNVGL-RP-C203-Standard. Die Bohrtiefe in der norwegischen Nordsee beträgt im Jahr 2023 $3200 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$.

5. Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

5.1 Neue Materialien

Einführung von Nano-WC (Korn $< 0,5 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$), Zugabe von TaC ($1\text{--}3 \% \pm 0,1 \%$) zur Verbesserung der Hochtemperaturstabilität ($> 900 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ zur Aufrechterhaltung von $95 \% \pm 2 \%$). Forschung im Jahr 2024: Zugabe von ZrC zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit (Sauerstoffgewichtszunahme $< 0,2 \% \pm 0,05 \%/h$).

5.2 Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (z. B. piezoelektrische Dehnungsmessstreifen, Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Vibration (Beschleunigung $< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen (Vorhersagefehler $< 5 \% \pm 1 \%$). Ein US-Unternehmen testete dies 2025 erfolgreich.

5.3 3D-Drucktechnologie

Selektives Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $40\text{--}60 \text{ } \mu\text{m} \pm 5 \text{ } \mu\text{m}$) wird zur Herstellung komplexer Zahnradstrukturen eingesetzt, wodurch der Materialabfall um $10 \pm 2 \%$ reduziert wird. Die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Ergebnisse der China University of Petroleum im Jahr 2024: Die Festigkeit des gedruckten Bohrers erreicht 1600 ± 50 MPa.

5.4 Umweltanpassungsfähigkeit

Entwicklung von kältebeständigen ($-50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) Bohrern, die für Polarbohrungen geeignet sind (Verschleißfestigkeit bei $90\% \pm 5\%$); hochdruckbeständige Bohrer (Druckfestigkeit $> 120\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$) für Tiefseeoperationen, mit einer getesteten Druckfestigkeit von $98\% \pm 2\%$ im Jahr 2025.

5.5 Nachhaltigkeit

Die Verwendung von recyceltem WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\% \pm 5\%$) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Emissionen um $20\% \pm 3\%$ reduziert), in Übereinstimmung mit den Normen ISO 14040, 2024 Green Certification Project.

6. Nationale und internationale Standards und Sicherheitsaspekte

6.1 Nationale und internationale Standards

Die Herstellung und Verwendung von Bohrmeißeln muss einer Reihe internationaler und nationaler Normen entsprechen, darunter API Spec 7-1 (US-amerikanische Ölbohrmeißel), ISO 45001 (Arbeitsschutz), GB/T 23562 (chinesische Bohrausrüstung), AS 2294 (Bergbausicherheit in Australien), IEC 60079 (explosionsgefährdete Bereiche) und DNVGL-RP-C203 (norwegischer Offshore-Code). Aktualisierung 2025: ISO 19443 enthält Normen zur Entsorgung nuklearer Abfälle.

6.2 Sicherheitsüberlegungen

Der Verschleiß überschreitet den Grenzwert (Tiefe $> 6\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$), die Austauschrate liegt bei $> 98\% \pm 1\%$, die Unfallrate bei $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (hauptsächlich Zahnbrüche oder Spritzer). Bediener müssen Schutzausrüstung tragen (schlagfeste Schutzbrille, Schutzhelm gemäß EN 397). Umgebungen mit hohen Temperaturen ($> 700\text{ °C} \pm 50\text{ °C}$) müssen mit einem Kühlsystem ausgestattet sein, um das Risiko thermischer Belastungen um $5\% \pm 1\%$ zu reduzieren. Statistiken aus dem Jahr 2024: Der Anteil der weltweiten Bohrmeißelunfälle liegt bei $< 0,05\% \pm 0,01\%$, hauptsächlich aufgrund unzureichender Wartung.

6.3 Relevante Vorschriften

Unter Einhaltung der EU-Verordnung REACH (Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Stoffe) und der RoHS-Richtlinie (Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe) wird der durch die CO₂-Emissionssteuer verursachte Kostenanstieg im Jahr 2025 $< 5\% \pm 1\%$ betragen.

Dank ihrer hervorragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften, der breiten Palette an Anwendungsszenarien, der kontinuierlichen technologischen Innovation und ihrer Anpassungsfähigkeit an die Umwelt sind Rollenbohrer aus Hartmetall zu einem unverzichtbaren Kernbestandteil moderner Bohrgeräte geworden. Sie fördern die Effizienz bei der Energiegewinnung, der geologischen Erkundung und Tiefbohrungen und bieten gleichzeitig starke technische Unterstützung bei der Bewältigung komplexer geologischer Bedingungen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT


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

Was sind Hartmetall-Schild-Maschinenfräser?

Hartmetall-TBM-Fräser sind effiziente Tunnelbohrwerkzeuge, die speziell für TBMs (Tunnelbohrmaschinen) entwickelt wurden, die hartes Gestein, komplexe Schichten oder gemischte geologische Bedingungen aufbrechen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit modernen Herstellungsverfahren und optimiertem Design. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Zuverlässigkeit unter hohem Druck, starken Vibrationen und in feuchten Umgebungen. Als Schlüsselkomponente am vorderen Ende der TBM beeinflusst der Fräser direkt die Tunneleffizienz, die Lebensdauer der Ausrüstung, die technische Sicherheit und die Baukosten und spielt eine unersetzliche Rolle beim Bau von U-Bahn-Tunneln, Autobahntunneln, Wasserschutzprojekten, der Entwicklung unterirdischer Stadträume und Tiefseetunneln.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Werkzeugmaschinen.

Hartmetallwerkzeuge verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt durch Spuren von Additiven (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrischen Ausführungen der Werkzeuge sind vielfältig. Gängige Formen sind Scheibenform (Außendurchmesser $200-400\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$, Dicke $20-50\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$), Schaberform (Kantenwinkel $30-45^\circ \pm 2^\circ$), Mittelmesserform (Spitzenwinkel $60-90^\circ \pm 5^\circ$) und Seitenschneidmesserform (Kantenwinkel $25-35^\circ \pm 2^\circ$). Die Klinge ist mit einer Hartmetallschicht (Dicke $3-10\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, stellenweise bis zu $15\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$) eingelegt. Die Matrix besteht aus hochfestem legiertem Stahl (z. B. 40CrMo, 42CrMo oder hochchromhaltigem Stahl, Abschreckhärte HRC $40-52 \pm 2$, Zugfestigkeit $>1200\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$). Die Installationsmethoden umfassen Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Plasmaschweißen oder mechanisches Klemmen (Klemmkraft $>15\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), befestigt am Schneidkopf der Schildmaschine ($50-120$ Schneider ± 5 pro Meter Schneidkopf, abhängig vom Durchmesser $6-15\text{ m} \pm 0,5\text{ m}$). Das Design integriert Schneidmechanik, Wärmeleitung und Optimierung der Spannungsverteilung. Die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Werkzeuggeometrie (Eintrittswinkel $30-45^\circ \pm 5^\circ$, Spanwinkel $5-15^\circ \pm 2^\circ$) und die Schlackennut (Nuttiefe $8-15 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, Nutbreite $12-25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, Neigungswinkel $15-30^\circ \pm 2^\circ$) verbessern die Aushubleistung und die Schlackenabflusskapazität. Es eignet sich für Hartgestein mit einer Druckfestigkeit von $100-350 \text{ MPa}$, Weichgestein mit einem Wassergehalt von $>20 \% \pm 5 \%$, Mischformationen mit Sandgehalt von $>10 \% \pm 2 \%$ und Spezialformationen mit einer Gaskonzentration von $>1 \% \pm 0,2 \%$. Auf die Werkzeugoberfläche kann eine Mehrschichtbeschichtung (wie TiN, TiAlN oder CrN, Dicke $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) aufgetragen werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert wird, was die Verschleißfestigkeit und Antihaftung verbessert.

Materialeigenschaften von Hartmetallschilden für Werkzeugmaschinen

WC bietet eine hohe Härte (HV $1800-2200 \pm 30$, lokal bis zu $2400-2600 \pm 50$) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95 \% \pm 2 \%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{IC} $12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (vorzugsweise $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Dichte $14,8-15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 wird eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $<0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$, H_2S -Beständigkeit $> 2500 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Cl^- -Beständigkeit $> 3000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ behält $90 \% \pm 2 \%$ der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität $>95 \% \pm 2 \%$).

Funktionsprinzip des Hartmetall-Schildmaschinen Schneiders

: Unter der Einwirkung der Schildmaschinenrotation (Rotationsgeschwindigkeit $500-1200 \text{ U/min} \pm 50 \text{ U/min}$, abhängig von der Geräteleistung $500-1500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) und des Schubs ($100-300 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$, bis zu $500 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$) schneidet der Fräser in die Felsoberfläche, um durchgehende Rillen zu bilden, und bricht das Gestein durch Extrusion (Kontaktdruck $250-600 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit $70-150 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). Die Hartmetallklinge trägt die Hauptverschleiß- und Wärmebelastung (Oberflächentemperatur $500-800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, kurzzeitig bis zu $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), und die Stahlmatrix bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit $40-50 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, zyklische Belastung $> 300 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Das Schlackenentfernungsdesign des Werkzeugs ermöglicht eine effiziente Schlackenentfernung durch Spiralnuten und Druckunterschiede ($> 0,5 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$), wodurch das Verstopfungsrisiko um $< 5 \% \pm 1 \%$ reduziert wird.

Die Leistung des Hartmetall-Schildmaschinen Schneiders

beträgt mehr als $500-800 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ (abhängig von den geologischen Bedingungen) unter den Bedingungen von Granit (Druckfestigkeit $150-200 \text{ MPa}$), Basalt ($200-250 \text{ MPa}$), Quarzit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(180–220 MPa) und Schiefer (100–150 MPa). Die optimierte Werkzeuglebensdauer übersteigt 500–800 Stunden $\pm$ 50 Stunden, und die Aushubleistung erreicht $5\text{--}15\text{ m}^3/\text{h} \pm 1\text{ m}^3/\text{h}$ (bis zu $20\text{ m}^3/\text{h} \pm 1\text{ m}^3/\text{h}$, Leistung $> 1000\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtlichen Risse in der Klinge, die Verschleißtiefe beträgt $< 0,05\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung $< 150\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$ und die Restspannung $< 50\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Schildmaschinenschneidern beeinflussen

Der Co-Gehalt von

$6\text{--}12\% \pm 1\%$ erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. $< 6\% \pm 1\%$ führen zu einer Erhöhung der Rissrate um $10\% \pm 2\%$, $> 12\% \pm 1\%$ reduziert die Härte um $5\% \pm 1\%$ und erhöht die Wärmeausdehnung ($\text{CTE } 6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$). $8\text{--}10\% \pm 0,5\%$ werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Eine Korngröße

von $0,5\text{--}1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ eignet sich für Gestein mittlerer Härte, $> 2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15\% \pm 3\%$ und verringert die Zähigkeit um $10\% \pm 2\%$.

Ein Klingenwinkel von

$30\text{--}45^\circ \pm 5^\circ$ optimiert die Aushubleistung (Schneidkraft $< 15\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$, Energieverbrauch $< 70\text{ kWh}/\text{m}^3 \pm 5\text{ kWh}/\text{m}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ verringert die Aushubleistung um $10\% \pm 2\%$,

Oberflächenbehandelte

Hartmetallklingen mit einer Dicke von $3\text{--}7\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ verbessern die Verschleißfestigkeit (verlängerte Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$), $< 3\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$, $> 7\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15\% \pm 2\%$. Eine TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400\text{--}500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($< 0,3 \pm 0,05$), verbessert die Hitzebeständigkeit ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) und die Antihaftung (Hafrate $< 2\% \pm 0,5\%$). Das Abschrecken

von wärmebehandeltem

Substratstahl (Härte HRC $40\text{--}52 \pm 2$, Tiefe $1,5\text{--}3\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850\text{--}900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verbessert die Stützleistung, reduziert die Lebensdauer des nicht abgeschreckten Substrats um $15\% \pm 3\%$, das Anlassen ($200\text{--}250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2\text{--}4\text{ Stunden} \pm 0,5\text{ Stunden}$) reduziert die Restspannung um $5\% \pm 1\%$ und die Tiefe der oberflächengehärteten Schicht beträgt $> 2\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$. Ein Feuchtigkeitsgehalt

der Arbeitsumgebung

$> 20\% \pm 2\%$ oder ein Sandgehalt $> 10\% \pm 1\%$ erhöht den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$, eine Temperatur $> 700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ verringert die Härte um $3\% \pm 1\%$, eine H_2S - oder CO_2 -Umgebung (Konzentration $> 0,1\% \pm 0,02\%$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015\text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,002\text{ mm}/\text{Jahr}$, eine gashaltige Umgebung erfordert Explosionsfestigkeit ($> 2\text{ bar} \pm 0,2\text{ bar}$).

Geräteparameter:

Antriebsgeschwindigkeit $0,5\text{--}2\text{ m}/\text{h} \pm 0,1\text{ m}/\text{h}$, Drehmoment $1000\text{--}6000\text{ kN}\cdot\text{m} \pm 100\text{ kN}\cdot\text{m}$,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Leistung 500–1500 kW $\pm$ 50 kW beeinträchtigen die Standzeit und Effizienz des Werkzeugs, zu hohe Parameter ($>$ Obergrenze 10 % $\pm$ 1 %) verkürzen die Standzeit um 15 % $\pm$ 2 %, Schwingbeschleunigung $<$ 20 m/s² $\pm$ 2 m/s².

Arten von TBM-Fräsern

TBM-Fräser (für Tunnelbohrmaschinen, TBMs) werden auf Grundlage ihrer Konstruktion, ihres Zwecks und der geltenden geologischen Bedingungen klassifiziert:

Hartmetall-TBM-Fräser – Einzelscheibenfräser

Merkmale: Eine einzelne kreisförmige Schneidklinge aus Hartmetall (z. B. Wolframkarbid), montiert auf einem Schneidkopf für Ausgrabungen in harten oder mittelharten Gesteinsformationen.

Anwendung: Geeignet für stabile Hartgesteinsbedingungen und einen großen Bereich an Schneiddurchmessern.

Hartmetall-TBM-Fräser – Doppelscheibenfräser

Eigenschaften: Kombiniertes Design mit zwei Schneidklingen, verbesserte Schneidleistung und Haltbarkeit, aus Hartmetallmaterial.

Anwendung: Geeignet für hartes Gestein oder gemischte Formationen zur Erhöhung der Schnittstabilität.

Hartmetall-TBM-Fräser – Doppelscheibenfräser

Merkmale: Zwei Sätze Schneidklingen sind parallel geschaltet, um Schnittkraft und Verschleißfestigkeit zu optimieren.

Anwendung: Geeignet für Gesteine mit hoher Härte (wie Granit), um die Aushubgeschwindigkeit zu erhöhen.

Hartmetall-TBM-Fräser – Dreifach-Scheibenfräser

Merkmale: Drei kombinierte Schneidklingen zur weiteren Verbesserung der Schneidleistung.

Anwendung: Wird in extrem harten Felsformationen oder komplexen geologischen Bedingungen verwendet.

Hartmetall-TBM-Fräser – Scheibenfräserring

Eigenschaften: Die Schneidklinge ist mit einer Ringstruktur versehen, um die Gesamtschneidewirkung zu verbessern.

Anwendung: Geeignet für Tunnelaushubarbeiten mit großem Durchmesser, um die Gleichmäßigkeit des Schnitts zu erhöhen.

Hartmetall-TBM-Fräser – Schaberfräser

Eigenschaften: Flaches oder gebogenes Klingendesign, Klingenwinkel 30°-45° $\pm$ 2°, Dicke 15-30 mm $\pm$ 1 mm, Hartmetallbeschichtung für verbesserte Verschleißfestigkeit, starke Schlagfestigkeit ($>$ 100 J $\pm$ 10 J).

Anwendung: Geeignet für weiche Böden oder gemischte Schichten (Druckfestigkeit 50–150 MPa), insbesondere Schichten mit Sandgehalt $>$ 10 % $\pm$ 2 %, und zum Reinigen loser Schichten.

Hartmetall-TBM-Werkzeug - Schneidmesser

Eigenschaften: Scharfes Klingendesign, kombiniert mit Hartmetallmaterial, geeignet für weiche oder halbharte Formationen.

Anwendung: Hilft beim Graben und Schneiden, reduziert Verstopfungen.

Hartmetall-TBM-Schneidwerkzeuge – Schaufel

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Eigenschaften: Schneidwerkzeug mit Volumen zum Aufnehmen und Abtransportieren von Aushubmaterial, Hartmetall für erhöhte Lebensdauer.

Anwendung: Weiche oder gemischte Formationen, Verwendung in Verbindung mit anderen Werkzeugen.

Hartmetall-TBM-Fräser - Ripper

Eigenschaften: Scharfe Struktur, kombiniert mit harter Legierung, geeignet zum Aufbrechen von hartem Boden oder leichtem Gestein.

Anwendung: Vorbehandlung harter Formationen, Unterstützung des Hauptschneidwerkzeugs.

Hartmetall-TBM-Schneidwerkzeuge - Scheibenschneider für Hartgestein

Eigenschaften: Speziell für Gestein mit hoher Härte entwickelt, Außendurchmesser 200–400 mm $\pm$ 5 mm, Dicke 20–50 mm $\pm$ 2 mm, Schneide mit eingelegter Hartmetallschicht, ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Lebensdauer > 600 Stunden $\pm$ 50 Stunden), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit und Schlagzähigkeit.

Anwendung: Geeignet für Granit, Basalt und andere Formationen mit hoher Härte (Druckfestigkeit 150–350 MPa).

Hartmetall-Fräser

Eigenschaften: Hartmetallspitze, installiert auf verschiedenen Schneidmessern, verbessert Verschleißfestigkeit und Schneidfähigkeit.

Anwendung: Wird häufig in allen Arten von Schneidwerkzeugen verwendet, um deren Lebensdauer zu verlängern.

Hartmetall-TBM-Fräser – Fräser für gemischte Böden

Eigenschaften: Multifunktionales Design, das Hartmetall und verschiedene Schneidformen kombiniert und sich an abwechselnd weiche und harte Formationen anpasst.

Anwendung: Mixschild, wird zur Bewältigung komplexer Geologie eingesetzt.

Hartmetall-TBM-Fräser – Zentrumsfräser

Merkmale: Wird im mittleren Bereich des Schneidkopfes verwendet, mit einem oberen Winkel von 60° – $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$, einer Dicke von 25–40 mm $\pm$ 2 mm, verbesserter Fähigkeit zum Brechen von Gestein in der Mitte und einer Lebensdauer von >500 Stunden $\pm$ 50 Stunden.

Anwendung: Geeignet für Störungszonen oder wasserführende Formationen (Druckfestigkeit 100–200 MPa).

Hartmetall-TBM-Werkzeug – Seitenschneider

Eigenschaften: Wird für die Kante des Messerkopfes verwendet, Klingenwinkel 25° – $35^{\circ} \pm 2^{\circ}$, Dicke 20–35 mm $\pm$ 1 mm, optimiertes Seitenschneiden und Schlackenentfernung, Verschleißfestigkeit >95% $\pm$ 2%.

Anwendung: Geeignet zur Stabilisierung von Tunnelseitenwänden (Druckfestigkeit 100–250 MPa).

Hartmetall-Tunnelbohrmaschinenfräser - Spezialfräser

Merkmale: einschließlich niedrigtemperaturbeständiger Werkzeuge ($-50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, Verschleißfestigkeit bleibt bei 90 % $\pm$ 5 %) und hochdruckbeständiger Werkzeuge (Druckfestigkeit > 100 MPa $\pm$ 5 MPa), hergestellt aus Hartmetall.

Anwendung: Zur Bewältigung extremer geologischer Bedingungen, wie beispielsweise niedriger Umgebungstemperaturen oder Hochdruckformationen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diese Fräserarten werden entsprechend den geologischen Bedingungen (wie Hartgestein, weicher Boden, gemischte Schichten) und Schildmaschinentypen (wie Einfachschild, Doppelschild, EPB, Erddruckausgleich usw.) ausgewählt und konfiguriert. Die Verwendung von Hartmetallmaterialien verbessert die Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Lebensdauer des Fräasers erheblich und fördert den effizienten Vortrieb von Schildmaschinen bei verschiedenen Projekten.

Anwendung von Hartmetall-Schild-Maschinenschneidern

U-Bahn-Tunnel

werden für den Abbau von Hartgestein (Druckfestigkeit 100–250 MPa) verwendet und haben eine Lebensdauer von 500–800 Stunden $\pm$ 50 Stunden. Sie unterstützen komplexe geologische Bedingungen wie Störungszonen (Verschiebung $> 1 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$) oder Wasserschwallbereiche (Wasserdruck $> 1 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$) gemäß der Norm EN 1997-1. Fallbeispiel 2024: Linie 18 der Shanghai Metro, Aushubgeschwindigkeit 1,5 m/h $\pm$ 0,1 m/h, Werkzeugwechselzyklus 600 Stunden $\pm$ 50 Stunden. Im Shiquanhe-Tunnel der Sichuan-Tibet-Eisenbahn werden

Autobahntunnel

(Druckfestigkeit 200–300 MPa) und Stoßfestigkeit ($> 50 \text{ J}$, Spitzenwert bis zu $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) verwendet, um einen effizienten Vortrieb gemäß der Norm JTG 3370.1 zu gewährleisten. Im Projekt 2023 beträgt die Aushubtiefe 1200 m $\pm$ 50 m, die Werkzeugverschleißfestigkeit $> 98 \% \pm 1 \%$. In

Wasserkraftprojekten

werden Wasserumleitungstunnel (Durchmesser 6–12 m $\pm$ 0,5 m) und Fundamente für unterirdische Kraftwerke verwendet. Sie sind beständig gegen Wassererosion ($> 2500 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$) und unterstützen einen Langzeitbetrieb gemäß der Norm IEC 60041. Im Jahr 2024 wird der Fräser des Drei-Schluchten-Nachfolgeprojekts einem Wasserdruck von 2 MPa $\pm$ 0,1 MPa standhalten.

Städtische unterirdische Rohrstollen

werden für Ausgrabungen in harten Bodenschichten (Druckfestigkeit 50–150 MPa) oder Gesteinsschichten verwendet, um Bodensetzungen ($< 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$) gemäß der Norm GB 50909 zu reduzieren. Im Jahr 2025 wurde die Setzung eines Rohrstollenprojekts in Peking auf $< 3 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ kontrolliert, und die Werkzeuglebensdauer betrug 550 Stunden $\pm$ 50 Stunden.

Seetunnel

werden in U-Boot-Tunneln verwendet (wie im U-Boot-Abschnitt der Hongkong-Zhuhai-Macao-Brücke), sind beständig gegen Meerwasserkorrosion ($> 4000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl⁻-Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$) und erfüllen die Norm DNVGL-RP-C203. Die Aushubtiefe des Projekts 2023 beträgt 1800 m $\pm$ 50 m und die Korrosionsbeständigkeit der Schneidwerkzeuge liegt bei $> 99 \% \pm 1 \%$.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung von Hartmetall-Schildmaschinenfräsern

Das neue Material

enthält Nano-WC (Korn $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), um die Härte (HV 2200–2600 $\pm$ 50) zu verbessern, und fügt TaC (1–3 % $\pm$ 0,1 %) und NbC (0,5–1,5 % $\pm$ 0,1 %) hinzu, um die Hochtemperaturstabilität ($> 900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ behält 95 % $\pm$ 2 %) und die Oxidationsbeständigkeit (Sauerstoffgewichtszunahme

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<0,15 %±0,05 %/h) zu verbessern.

Intelligente Überwachungssensoren

(z. B. piezoelektrische Dehnungsmessstreifen, Genauigkeit $\pm 0,05$ %) und IoT-Module überwachen Verschleiß (Tiefe $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$), Vibration (Beschleunigung $< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) und Temperatur ($> 700 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen (Vorhersagefehler < 5 % ± 1 %). Die

3D-Drucktechnologie

nutzt selektives Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $40\text{--}60 \text{ }\mu\text{m} \pm 5 \text{ }\mu\text{m}$), um komplexe Werkzeugstrukturen herzustellen und so den Materialabfall um $10 \text{ } \% \pm 2 \text{ } \%$ zu reduzieren. Die Erfolge von China Railway Construction im Jahr 2024: Die Festigkeit der gedruckten Werkzeuge erreicht $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ und die Oberflächenrauheit beträgt $< 1,6 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,2 \text{ }\mu\text{m}$.

Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

Entwicklung von Werkzeugen, die gegen niedrige Temperaturen ($-50 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$) beständig sind und für die Polartechnik geeignet sind (Verschleißfestigkeit bleibt bei $90 \text{ } \% \pm 5 \text{ } \%$, Schlagzähigkeit $> 150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$); hochdruckbeständige Werkzeuge (Druckfestigkeit $> 100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) werden für Tiefseeoperationen eingesetzt.

Nachhaltigkeit Die Verwendung von recyceltem WC-Pulver (Recyclingrate $> 80 \text{ } \% \pm 5 \text{ } \%$) und umweltfreundliche Herstellungsverfahren reduzieren den CO₂-Fußabdruck (Reduktion der CO₂-Emissionen um $20 \text{ } \% \pm 3 \text{ } \%$) gemäß ISO 14040.

Relevante nationale und internationale Standards

Die Herstellung und Verwendung von Schneidwerkzeugen muss einer Reihe internationaler und nationaler Normen entsprechen, darunter EN 1997-1 (europäische Fundamentplanung), ISO 45001 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz), JTG 3370.1 (chinesische Straßentunnelplanung), GB 50909 (chinesische unterirdische Raumplanung), AS 2294 (australische Bergbausicherheit), DNVGL-RP-C203 (norwegische Offshore-Richtlinie) und IEC 60079 (explosionsgefährdete Bereiche). Aktualisiert im Jahr 2025: ISO 19443 enthält Normen zur Entsorgung nuklearer Abfälle und fügt neue Anforderungen an die Gasbeständigkeit hinzu.

Der Verschleiß überschreitet den Grenzwert (Tiefe $> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), die Austauschrate liegt bei $> 98 \text{ } \% \pm 1 \text{ } \%$, die Unfallrate bei $< 0,1 \text{ } \% \pm 0,05 \text{ } \%$ (hauptsächlich Verletzungen durch Absplittern oder Spritzen). Die Bediener müssen Schutzausrüstung tragen (schlagfeste Brillen, Schutzhelme gemäß Norm EN 397, Schlagfestigkeit $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$). Hochtemperaturumgebungen ($> 700 \text{ °C} \pm 50 \text{ °C}$) müssen mit Kühl- und Lüftungsanlagen ausgestattet sein, um das Risiko thermischer Spannungen um $5 \text{ } \% \pm 1 \text{ } \%$ und das Risiko von Gasansammlungen um $< 3 \text{ } \% \pm 0,5 \text{ } \%$ zu reduzieren. Statistiken im Jahr 2024: Der Anteil der weltweiten Unfälle mit Schildwerkzeugen liegt bei $< 0,05 \text{ } \% \pm 0,01 \text{ } \%$, hauptsächlich aufgrund unzureichender Wartung und plötzlicher geologischer Veränderungen.

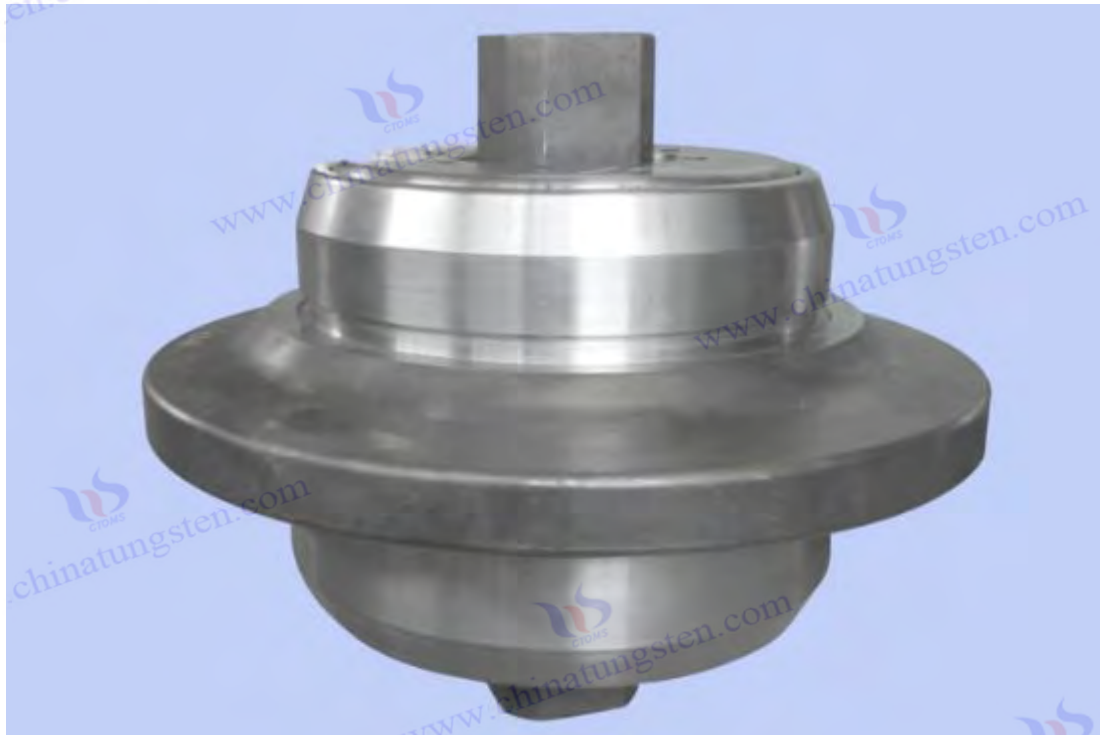
Die relevanten Vorschriften

entsprechen der EU-REACH-Verordnung (Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Stoffe) und der RoHS-Richtlinie (Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe). Im Jahr 2025

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

wird der durch die CO₂-Emissionssteuer verursachte Kostenanstieg $< 5 \% \pm 1 \%$ betragen, und es wird ein neuer Standard zum Schutz der Meeresumwelt (IMO MEPC.277 (70)) eingeführt.

Hartmetall-Schildmaschinenfräser sind aufgrund ihrer hervorragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften, ihrer vielfältigen Klassifizierung, ihrer vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, ihrer kontinuierlichen technologischen Innovation und ihrer Anpassungsfähigkeit an die Umwelt zu einem unverzichtbaren Kernbestandteil moderner Schildausrüstung geworden. Sie haben die Verbesserung der Effizienz des Infrastrukturbaus, die nachhaltige Entwicklung der städtischen unterirdischen Raumentwicklung und Durchbrüche in der Tiefseetechnik gefördert und gleichzeitig eine starke technische Unterstützung für die Bewältigung komplexer geologischer Bedingungen und extremer Umgebungen geboten.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-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

Hartmetall-Drehbohrgerät-Pfahlgründungskugelhähne

Kugelhähne aus Hartmetall für Drehbohranlagen sind ein wichtiges Aushubbauteil für Drehbohranlagen (Rotary Drilling Rig) bei Pfahlgründungsprojekten. Sie sind zum Aufbrechen von harten Felsformationen, komplexen Formationen oder gemischten geologischen Bedingungen konzipiert. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit optimierter geometrischer Gestaltung und Oberflächenbehandlung, um hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten und so eine hohe Effizienz und Zuverlässigkeit unter hohem Druck, starken Vibrationen und in feuchten Umgebungen zu gewährleisten. Als wichtige Komponente der Bohrwerkzeuge von Drehbohranlagen wirken sich Kugelhähne direkt auf die Bohreffizienz, die Qualität der Pfahlgründung und die Projektkosten aus und werden häufig bei Pfahlgründungsprojekten wie Hochhäusern, Brücken, Häfen und der Sicherung tiefer Baugruben eingesetzt.

Kugelhähne aus Hartmetall für Drehbohranlagen und Pfahlgründungen.

Hartmetall-Kugelhähne bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Sie werden mit Spuren von Additiven (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) ergänzt, um Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit zu optimieren. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Der Kugelhahn ist kugel- oder halbkugelförmig, mit einem Spitzendurchmesser von üblicherweise $15-30\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ und einer Höhe von $20-40\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$. Er wird auf dem Bohrergehäuse oder der Bohrkronenbasis (aus hochfestem legiertem Stahl, z. B. 40CrMo oder 42CrMo, mit einer Härte von HRC $40-52 \pm 2$) montiert. Die Befestigungsmethoden umfassen Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) oder mechanisches Einbetten (Einbettungskraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), um einen stabilen Betrieb bei hohem Drehmoment ($100-600\text{ kN}\cdot\text{m} \pm 50\text{ kN}\cdot\text{m}$) zu gewährleisten. Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN, TiAlN oder CrN, mit einer Dicke von $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Oberfläche des Kugelhahns aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz verbessert. Das Design integriert Schneidmechanik und Spannungsverteilungsoptimierung. Der Gesteinseintrittswinkel des Kugelhahns beträgt $30-45\text{ }^\circ \pm 5\text{ }^\circ$ und der Rückneigungswinkel $5-15\text{ }^\circ \pm 2\text{ }^\circ$. Er eignet sich für hartes

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Gestein mit einer Druckfestigkeit von 100–300 MPa, weiche Böden mit einem Wassergehalt von $>20\% \pm 5\%$ oder Mischformationen mit einem Sandgehalt von $>10\% \pm 2\%$.

Hartmetall-Drehbohrgerät, Pfahlgründung, Kugelhähne

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30 , lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{IC} 12–16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 200\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte 14,8–15,2 $\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,1\text{ g}/\text{cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 wird eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001\text{ mm}/\text{Jahr}$, H_2S -Beständigkeit $> 2500\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$, Cl^- -Beständigkeit $> 3000\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ behält $90\% \pm 2\%$ der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität $> 95\% \pm 2\%$).

Bei der Drehbohranlage (Drehzahl 20–60 $\text{U}/\text{min} \pm 5\text{ U}/\text{min}$, je nach Geräteleistung 200–1000 $\text{kW} \pm 50\text{ kW}$) und dem Bohrdruck (50–300 $\text{kN} \pm 5\text{ kN}$, bis 500 $\text{kN} \pm 10\text{ kN}$) schneiden sich die Kugelhähne in die Formation, um eine Brechzone zu bilden, und zerkleinern das Gestein oder den Boden durch Extrusion (Anpressdruck 250–600 $\text{MPa} \pm 20\text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit 70–150 $\text{MPa} \pm 5\text{ MPa}$). Die Spitze des Kugelhahns trägt den größten Verschleiß und die größte thermische Belastung (Oberflächentemperatur 500–800 $^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, kurzzeitig bis zu 1000 $^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Der Grundstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K} \pm 2\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, zyklische Belastung $> 300\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$). Das kugelförmige Design des Kugelhahns reduziert die seitliche Spannung ($< 100\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$) und optimiert die Schlackenentfernungseffizienz (Schlackenentfernungsrate $> 90\% \pm 2\%$).

Unter den Bedingungen von Granit (Druckfestigkeit 150–200 MPa), Basalt (200–250 MPa), Quarzit (180–220 MPa) und mittelverwittertem Gestein (100–150 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Kugelhähne mehr als 400–700 Stunden $\pm 50\text{ Stunden}$ (abhängig von den geologischen Bedingungen) und die Bohrleistung erreicht 8–20 $\text{m}/\text{h} \pm 1\text{ m}/\text{h}$ (bis zu 25 $\text{m}/\text{h} \pm 1\text{ m}/\text{h}$, Leistung $> 800\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtlichen Risse an der Spitze, die Verschleißtiefe beträgt $< 0,05\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$) und die Wärmebildung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung $< 150\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von

Kugelhähnen für Hartmetall-Drehbohranlagen beeinflussen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Der Co-Gehalt von

6–12 % $\pm$ 1 % erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. <6 % $\pm$ 1 % führen zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % $\pm$ 2 %, >12 % $\pm$ 1 % reduziert die Härte um 5 % $\pm$ 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). 8–10 % $\pm$ 0,5 % werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Korngröße

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), 1–1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Gestein mittlerer Härte geeignet, >2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um 15 % $\pm$ 3 % und verringert die Zähigkeit um 10 % $\pm$ 2 %.

Geometrischer Winkel

Gesteinseintrittswinkel $30^{\circ}\text{--}45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Bohrleistung (Schnittkraft $<15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, Energieverbrauch $<60 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$), $>50^{\circ} \pm 5^{\circ}$ verringert die Bohrkapazität um 10 % $\pm$ 2 %, $<30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ führt leicht zu 5 % $\pm$ 1 %

Zahnkollapsrisiko. Eine Oberflächenbehandlung

der Kugelzähne mit einer Dicke von 3–6 mm $\pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Verlängerung der Lebensdauer um 20 % $\pm$ 3 %), bei $<3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt sich die Lebensdauer um 20 % $\pm$ 3 %, bei $>6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöhen sich die Kosten um 15 % $\pm$ 2 %. Eine TiN-Beschichtung (Dicke 0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400\text{--}500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Der

wärmebehandelte

Basisstahl wird abgeschreckt (Härte HRC 40–52 ± 2 , Tiefe 1,5–3 mm $\pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850\text{--}900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), um die Stützleistung zu verbessern. Die Lebensdauer der nicht abgeschreckten Basis wird um 15 % $\pm$ 3 % reduziert und das Anlassen ($200\text{--}250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 2–4 Stunden $\pm 0,5$ Stunden) reduziert die Restspannung um 5 % $\pm$ 1 %. Ein Feuchtigkeitsgehalt

in der Arbeitsumgebung

von $>20\% \pm 2\%$ oder ein Sandgehalt von $>10\% \pm 1\%$ erhöht den Verschleiß um 5 % $\pm$ 1 %, eine Temperatur von $>700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ verringert die Härte um 3 % $\pm$ 1 %, und die Korrosionsrate in einer Umgebung mit H_2S oder CO_2 (Konzentration $>0,1\% \pm 0,02\%$) steigt auf 0,015 mm/Jahr $\pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Geräteparameter wie

Bohrdruck 50–300 kN $\pm 5 \text{ kN}$, Drehzahl 20–60 U/min $\pm 5 \text{ U/min}$ und Drehmoment 100–600 kN·m $\pm 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$ beeinflussen die Lebensdauer und Effizienz der Kugelzähne. Übermäßige Parameter ($>$ Obergrenze 10 % $\pm 1\%$) verkürzen die Lebensdauer um 15 % $\pm 2\%$.

Hartmetall-Pfahlgründungsknöpfe für Bohranlagen.

Standardknöpfe

eignen sich für Gestein mittlerer Härte (Druckfestigkeit 100–200 MPa), Durchmesser 20–25 mm $\pm 1 \text{ mm}$, Höhe 25–35 mm $\pm 2 \text{ mm}$, ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Lebensdauer >500 Stunden ± 50 Stunden), häufig verwendet in Sandstein oder mittelhartem Gestein.

Verstärkte Knöpfe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

eignen sich für hartes Gestein (Druckfestigkeit 200–300 MPa), Durchmesser 25–30 mm ± 1 mm, Höhe 30–40 mm ± 2 mm, hohe Schlagfestigkeit ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), geeignet für Basalt oder Granit.

Korrosionsbeständige Knöpfe

werden in wasserführenden oder salzhaltigen Formationen verwendet, mit Oberflächenbeschichtung TiAlN (Cl⁻-Beständigkeit $> 3000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$), Durchmesser 15–20 mm ± 1 mm, Höhe 20–30 mm ± 2 mm, Korrosionsbeständigkeit $> 99 \% \pm 1 \%$, geeignet für Hafenpfahlgründungen.

den speziellen Kugelzähnen

gehören niedrigtemperaturbeständige ($-50 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, Verschleißfestigkeit bei $90 \% \pm 5 \%$) und hochtemperaturbeständige ($> 900 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bei $95 \% \pm 2 \%$) Typen, die für polare oder Hochtemperaturformationen geeignet sind.

Anwendung von

Kugelzähnen für Pfahlgründungen von Hartmetall-Drehbohranlagen:

Für Hochhäuser werden Pfahlgründungen aus hartem Gestein (Druckfestigkeit 150–250 MPa) mit einer Lebensdauer von 500–700 Stunden ± 50 Stunden verwendet, die komplexe Schichten wie Verwerfungszone stützen, im Einklang mit der Norm GB 50007.

Brückenbau

wird für Pfahlgründungen von Flussbrücken (Druckfestigkeit 200–300 MPa) mit Schlagzähigkeit ($> 50 \text{ J}$, Spitze $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) verwendet, um effizientes Bohren im Einklang mit der Norm JTG 3362 sicherzustellen.

Hafenbau

wird für Pfahlgründungen von U-Booten verwendet, ist beständig gegen Seewasserkorrosion ($> 4000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl⁻-Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$) und erfüllt die Norm DNVGL-RP-C203.

Die Tiefbaugrubensicherung

wird für Schichten mit einer Druckfestigkeit von 100–200 MPa verwendet, wodurch Setzungen ($< 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$) gemäß der Norm GB 50911 reduziert werden.

Polar Engineering

wird in Umgebungen mit niedrigen Temperaturen ($-50 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) eingesetzt, wobei die Verschleißfestigkeit bei $90 \% \pm 5 \%$ gehalten wird und die Bohrleistung im Jahr 2025 auf $10 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$ getestet wurde.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

Neue Materialien

führen Nano-WC (Korn $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) ein, um die Härte (HV 2200–2600±50) zu verbessern, TaC und NbC werden hinzugefügt, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, um $95 \% \pm 2 \%$ zu halten).

Intelligenter Überwachungssensor

mit integrierter Echtzeitüberwachung (Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) von Verschleiß (Tiefe $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Vibration ($< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$), optimierter Austauschzyklus (Fehler $< 5 \% \pm 1 \%$).

3D-Drucktechnologie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60\text{ }\mu\text{m}\pm 5\text{ }\mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Kugelhähne, wodurch der Materialabfall um $10\text{ }\%\pm 2\text{ }\%$ reduziert wird.

Durch die Anpassungsfähigkeit an die Umgebung werden Kugelhähne entwickelt, die gegen niedrige Temperaturen und hohen Druck beständig sind (Druckbeständigkeit $>100\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$).

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\text{ }\%\pm 5\text{ }\%$) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Reduktion $20\text{ }\%\pm 3\text{ }\%$) gemäß ISO 14040-Norm.

Die relevanten nationalen und internationalen Normen

entsprechen GB 50007 (Gebufundamente), JTG 3362 (Autobahnbrücken), GB 50911 (tiefe Baugruben) und DNVGL-RP-C203 (Schiffsbauvorschriften).



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Hartmetall-Bolter-Tunnelbohrer-Kugelhähne

Die Kugelhähne aus Hartmetall für Teilschnittmaschinen (Roadheaders) für Tunnelaushub sind ein zentrales Aushubelement für den Einsatz in Teilschnittmaschinen (Roadheaders) im Kohlebergbau, Tunnelbau und Straßenbau. Sie sind für das Zerkleinern von harten Gesteinsformationen, komplexen Formationen oder Kohle-Gesteins-Gemischen konzipiert. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit optimierter geometrischer Konstruktion und verschleißfesten Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Zuverlässigkeit in Umgebungen mit hohem Staub-, Feuchtigkeits- und Vibrationsgehalt. Als wichtige Komponente des Schneidkopfes des Teilschnittmaschinen-Tunnelaushubs wirken sich die Kugelhähne direkt auf die Aushubleistung, die Straßenqualität und die Bausicherheit aus und finden breite Anwendung im Kohlebergbau, in U-Bahn-Tunneln und im Bergwerksbau. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen der Kugelhähne umfassend erläutert.

Kugelhähne aus Hartmetall für Tunnelaushubarbeiten.

Hartmetall-Kugelhähne bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Sie werden mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) ergänzt, um Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit zu optimieren. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die Kugelhähne sind kugel- oder halbkugelförmig, mit einem Spitzendurchmesser von $15-25\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ und einer Höhe von $20-35\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$. Sie werden am Fuß des Bolzenschneiderkopfes (aus hochfestem legiertem Stahl, z. B. 40CrMo oder 42CrMo, mit einer Härte von HRC $40-52 \pm 2$) montiert. Die Befestigungsmethoden umfassen Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) oder mechanisches Einbetten (Einbettungskraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), wodurch ein stabiler Betrieb bei hohem Drehmoment ($200-800\text{ kN}\cdot\text{m} \pm 50\text{ kN}\cdot\text{m}$) gewährleistet wird. Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN, TiAlN oder CrN, mit einer Dicke von $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Oberfläche der Kugelhähne aufgebracht werden, um den Reibungskoeffizienten auf $<0,25 \pm 0,05$ zu senken und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffekte (Hafrate $<2\% \pm 0,5\%$) zu verbessern. Das Design integriert Schneidmechanik

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

und Spannungsverteilungsoptimierung. Der Eintrittswinkel des Kugelzahns beträgt $30-45^\circ \pm 5^\circ$ und der Rückneigungswinkel $5-15^\circ \pm 2^\circ$. Es eignet sich für Kohlegestein mit einer Druckfestigkeit von 50–250 MPa, Weichgestein mit einem Wassergehalt von $>15\% \pm 5\%$ oder spezielle Formationen mit einer Gaskonzentration von $>1\% \pm 0,2\%$.

der Hartmetall-Bolter-Tunnelbohrmaschine

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30 , lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{IC} 12–16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 200\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte 14,8–15,2 $\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,1\text{ g}/\text{cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 entsteht eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001\text{ mm}/\text{Jahr}$, H_2S -Beständigkeit $> 2500\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ behält $90\% \pm 2\%$ der Ausgangshärte bei, thermische Stabilität $> 95\% \pm 2\%$).

Durch die Rotation des Bolzensetzers (Geschwindigkeit 30–80 $\text{U}/\text{min} \pm 5\text{ U}/\text{min}$, je nach Geräteleistung 300–1200 $\text{kW} \pm 50\text{ kW}$) und die Schneidkraft (50–250 $\text{kN} \pm 5\text{ kN}$, bis zu 400 $\text{kN} \pm 10\text{ kN}$) schneiden die Kugelzähne in das Kohlegestein oder die Felsformation, um eine Brechzone zu bilden, und zerkleinern das Material durch Extrusion (Kontaktdruck 200–500 $\text{MPa} \pm 20\text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit 60–120 $\text{MPa} \pm 5\text{ MPa}$). Die Spitze des Kugelzahns trägt den größten Verschleiß und die größte thermische Belastung (Oberflächentemperatur $500-800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, kurzzeitig bis zu $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$). Der Grundstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K} \pm 2\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, zyklische Belastung $> 250\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$). Das kugelförmige Design des Kugelzahns reduziert die seitliche Spannung ($< 100\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$), optimiert die Schlackenentfernungseffizienz (Schlackenentfernungsrate $> 90\% \pm 2\%$) und verringert das Risiko einer Staubansammlung $< 5\% \pm 1\%$.

In Kohleflözen (Druckfestigkeit 50–100 MPa), Sandstein (120–180 MPa), Kalkstein (150–220 MPa) und Schiefergestein (100–150 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Kugelzähne mehr als 400–600 Stunden $\pm 50\text{ Stunden}$ (je nach geologischen Bedingungen) und die Abbauleistung erreicht 5–15 $\text{m}^3/\text{h} \pm 1\text{ m}^3/\text{h}$ (bis zu 20 $\text{m}^3/\text{h} \pm 1\text{ m}^3/\text{h}$, Leistung $> 1000\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtlichen Risse an der Spitze, die Verschleißtiefe liegt bei $< 0,05\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ (vorzugsweise bei $< 0,03\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$) und die Wärmebildgebung zeigt eine thermische Spannungsverteilung von $< 150\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ein Co-Gehalt von 6–12 % $\pm$ 1 %

bei Tunnelbohrzähnen aus Hartmetall

erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, $<6 \% \pm 1 \%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$, $>12 \% \pm 1 \%$ reduziert die Härte um $5 \% \pm 1 \%$ und erhöht die Wärmeausdehnung ($CTE 6 \times 10^{-6}/^{\circ}C \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$) und $8-10 \% \pm 0,5 \%$ werden bevorzugt, um sowohl Leistung als auch Kosten zu berücksichtigen.

Eine Korngröße

von $0,5-1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,03 mm^3/N \cdot m \pm 0,01 mm^3/N \cdot m$), $1-1,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$ ist für Gestein mittlerer Härte geeignet, $> 2 \mu m \pm 0,01 \mu m$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$.

Geometrischer Winkel

Felseintrittswinkel $30^{\circ}-45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert Aushubleistung (Schneidkraft $<15 kN \pm 1 kN$, Energieverbrauch $<50 kWh/m^3 \pm 5 kWh/m^3$), $>50^{\circ} \pm 5^{\circ}$ reduziert Aushubleistung um $10\% \pm 2\%$, $<30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ führt leicht zu $5\% \pm 1\%$

Risiko eines Zahnkollapses. Oberflächenbehandlung

Kugelhändicke $3-6 mm \pm 0,1 mm$ verbessert Verschleißfestigkeit (Lebensdauer verlängert um $20\% \pm 3\%$), $<3 mm \pm 0,1 mm$ verkürzt Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$, $>6 mm \pm 0,1 mm$ die Kosten erhöhen sich um $15\% \pm 2\%$. Die TiN-Beschichtung (Dicke $0,5-1 \mu m \pm 0,1 \mu m$, Beschichtungstemperatur $400-500^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$) reduziert den Reibungskoeffizienten ($< 0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($> 700^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$). Der

wärmebehandelte

Grundstahl wird abgeschreckt (Härte HRC $40-52 \pm 2$, Tiefe $1,5-3 mm \pm 0,2 mm$, Abschrecktemperatur $850-900^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$), um die Tragfähigkeit zu verbessern. Die Lebensdauer des nicht abgeschreckten Grundstahls reduziert sich um $15 \% \pm 3 \%$. Durch Anlassen ($200-250^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$, $2-4$ Stunden $\pm 0,5$ Stunden) werden die Eigenspannungen um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert. Der Feuchtigkeitsgehalt

in der Arbeitsumgebung

$>15 \% \pm 2 \%$ oder der Staubgehalt $>10 \% \pm 1 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$. Die Temperatur $>700^{\circ}C \pm 50^{\circ}C$ reduziert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$. Die Korrosionsrate in der Umgebung mit H_2S oder CO_2 (Konzentration $>0,1 \% \pm 0,02 \%$) steigt auf $0,015 mm/Jahr \pm 0,002 mm/Jahr$. Die Umgebung mit Gas erfordert Explosionsfestigkeit ($>2 bar \pm 0,2 bar$).

Geräteparameter:

Schnittgeschwindigkeit $0,5 - 2 m/min \pm 0,1 m/min$, Drehmoment $200 - 800 kN \cdot m \pm 50 kN \cdot m$, Leistung $300 - 1200 kW \pm 50 kW$ beeinträchtigen die Lebensdauer und Effizienz des Kugelgetriebes. Zu hohe Parameter ($> Obergrenze 10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

Hartmetall-Kugelhähne für Tunnelaushubarbeiten.

Standard-Kugelhähne

eignen sich für Kohleflöze oder Weichgestein (Druckfestigkeit $50-100 MPa$), haben einen Durchmesser von $15-20 mm \pm 1 mm$, eine Höhe von $20-25 mm \pm 2 mm$, eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Lebensdauer > 400 Stunden ± 50 Stunden) und werden häufig in

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kohlebergwerkstunneln eingesetzt. Im Jahr 2024 betrug die Aushubleistung eines Kohlebergwerksprojekts $10 \text{ m}^3/\text{h} \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Verstärkte Kugelhähne

eignen sich für Hartgestein (Druckfestigkeit 150–250 MPa), haben einen Durchmesser von 20–25 mm $\pm 1 \text{ mm}$, eine Höhe von 25–35 mm $\pm 2 \text{ mm}$, eine hohe Schlagfestigkeit ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) und sind für Sandstein oder Kalkstein geeignet. Im Jahr 2023 betrug die Lebensdauer eines Tunnelprojekts 500 Stunden $\pm 50 \text{ Stunden}$.

Korrosionsbeständige Kugelhähne

werden in wasser- oder gasführenden Formationen eingesetzt. Sie haben eine TiAlN-Oberflächenbeschichtung (HS-beständig $> 2500 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$), einen Durchmesser von 15–18 mm $\pm 1 \text{ mm}$, eine Höhe von 20–30 mm $\pm 2 \text{ mm}$ und eine Korrosionsbeständigkeit von $> 98 \% \pm 1 \%$, geeignet für Nasstunnel. Im Jahr 2025 wird ein Bergwerk einem Wasserdruck von 1 MPa $\pm 0,1 \text{ MPa}$ standhalten. Zu

den speziellen Kugelhähnen

gehören niedrigtemperaturbeständige ($-20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, Verschleißfestigkeit bleibt bei $90 \% \pm 5 \%$) und hochtemperaturbeständige ($> 900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ bleibt bei $95 \% \pm 2 \%$) Typen, die für polare Minen oder Hochtemperaturformationen geeignet sind und im Jahr 2025 eine Testlebensdauer von 550 Stunden $\pm 50 \text{ Stunden}$ aufweisen.

Hartmetall-Ankerzähne für

Tunnelaushub. Kohlengrubentunnel

werden zum Aushub von Kohleflözen (Druckfestigkeit 50–100 MPa) verwendet, haben eine Lebensdauer von 400–600 Stunden $\pm 50 \text{ Stunden}$ und stützen gashaltige Schichten (Konzentration $> 1 \% \pm 0,2 \%$) gemäß der Norm MT 554. Im Jahr 2024 betrug die Aushubtiefe eines Kohlebergwerks in Shanxi 500 m $\pm 50 \text{ m}$.

U-Bahn-Tunnel

werden in Hartgesteinstunneln verwendet (Druckfestigkeit 150–250 MPa), und die Schlagzähigkeit ($> 50 \text{ J}$, Spitze $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) gewährleistet einen effizienten Aushub gemäß der Norm EN 1997-1. Im Jahr 2023 betrug die Aushubgeschwindigkeit des Shanghai-Metro-Projekts $1 \text{ m}/\text{min} \pm 0,1 \text{ m}/\text{min}$.

Die Grubensicherung

wird in Schichten mit einer Druckfestigkeit von 100–200 MPa eingesetzt, wodurch das Einsturzrisiko reduziert ($< 5 \% \pm 1 \%$) und die Norm GB 16423 erfüllt wird. Im Jahr 2024 beträgt die Stabilität eines Grubentunnels $> 98 \% \pm 1 \%$.

Der hydrologische Tunnel

wird in wasserführenden Schichten eingesetzt, die gemäß der Norm IEC 60041 gegen Wassererosion beständig sind ($> 2000 \text{ Std.} \pm 100 \text{ Std.}$). Im Jahr 2025 beträgt die Wasserdruckbeständigkeit eines Wasserkraftwerksprojekts $1,2 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$.

Komplexe Schichten

werden in Störungszonen oder sandigen Schichten eingesetzt und weisen eine Abriebfestigkeit von $> 95 \% \pm 2 \%$ auf. Im Jahr 2025 wurde die Aushubleistung mit $12 \text{ m}^3/\text{h} \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$ getestet.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

Neue Materialien

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

führen Nano-WC (Korn $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) ein, um die Härte zu verbessern (HV 2200–2600 $\pm$ 50), fügen TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, um 95 % $\pm$ 2 % zu halten). Forschung im Jahr 2024: Antioxidation der

ZrC-Beschichtung (Sauerstoffgewichtszunahme $<0,15 \% \pm 0,05 \%/h$). **Intelligente Überwachung** durch integrierten Sensor (Genauigkeit $\pm 0,05\%$), Echtzeitüberwachung von Verschleiß (Tiefe $>1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Vibration ($<15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$), Optimierung des Austauschzyklus (Fehler $<5\% \pm 1\%$), und ein Unternehmen hat dies 2025 erfolgreich getestet.

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$), um komplexe Kugelhähne herzustellen, wodurch der Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert wird und die Festigkeit im Jahr 2024 $1400 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ erreicht.

Umweltanpassungsfähigkeit: Entwicklung von Kugelhähnen, die gegen niedrige

Temperaturen und hohen Druck beständig sind (Druckbeständigkeit $> 80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$), mit einer Druckbeständigkeit, die im Jahr 2025 $97\% \pm 2\%$ erreicht Reduzierung um $20 \% \pm 3 \%$), gemäß ISO 14040-Norm.

Nationale und internationale Normen Nationale und internationale Normen entsprechen MT 554 (Sicherheit in Kohlebergwerken), EN 1997-1 (Europäische Fundamente), GB 16423 (Bergbauausbau) und IEC 60079 (explosionsgefährdete Bereiche). Im Jahr 2025 werden neue Gasschutznormen hinzukommen.



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

Fräszähne für Hartmetall-Straßenfräsmaschinen

Hartmetall-Fräszähne für Straßenfräsmaschinen sind hocheffiziente Schneidwerkzeuge für Straßenfräsmaschinen (Kaltfräsmaschinen) zur Bearbeitung von Asphaltbeton, Schotteruntergründen oder gealterten Straßenoberflächen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit einem optimierten geometrischen Design und einer verschleißfesten Beschichtung. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Zuverlässigkeit auch bei hoher Belastung, hohen Temperaturen und hoher Staubbelastung. Als Schlüsselkomponente der Walze der Straßenfräsmaschine beeinflussen die Fräszähne direkt die Fräsleistung, die Ebenheit der Straßenoberfläche und die Baukosten. Sie werden häufig in der Autobahninstandhaltung, der Sanierung von Start- und Landebahnen und der städtischen Straßeninstandhaltung eingesetzt. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Fräszähnen umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Fräszähnen für Straßenfräsmaschinen

Hartmetallfräszähne bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Sie werden durch Spuren von Additiven (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) ergänzt, um Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit zu optimieren. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die Fräszähne sind üblicherweise spitz oder abgerundet und haben einen Spitzendurchmesser von $10-20\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ sowie eine Höhe von $20-40\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$. Sie sind auf einer Trommelunterlage (aus hochfestem legiertem Stahl wie 40CrMo oder 42CrMo mit einer Abschreckhärte von HRC $40-52 \pm 2$) montiert. Die Befestigungsmethoden umfassen Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) oder mechanisches Klemmen (Klemmkraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), wodurch ein stabiler Betrieb bei hohem Drehmoment ($500-1500\text{ kN}\cdot\text{m} \pm 50\text{ kN}\cdot\text{m}$) gewährleistet wird. Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN, TiAlN oder CrN, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Oberfläche der Zahnschneidkante aufgebracht werden.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $< 0,25 \pm 0,05$ gesenkt und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihaftwirkung (Hafrate $< 2 \% \pm 0,5 \%$) verbessert. Das Design integriert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Zahnschneidwinkel von $20-40^\circ \pm 5^\circ$ und einem Spanwinkel von $5-15^\circ \pm 2^\circ$. Es eignet sich für Asphaltdecken (Druckfestigkeit 5–15 MPa), Zementbeton (20–50 MPa) und gemischte Tragschichten.

Eigenschaften der Fräszähne von Hartmetall-Straßenfräsmaschinen

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30 , lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95 \% \pm 2 \%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{Ic} 12–16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (vorzugsweise $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Dichte 14,8–15,2 $\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,1 \text{ g}/\text{cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 entsteht eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001 \text{ mm}/\text{Jahr}$, Cl-Beständigkeit $> 3000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Erhaltung von $90 \% \pm 2 \%$ der Ausgangshärte, thermische Stabilität $> 95 \% \pm 2 \%$).

Funktionsprinzip der Fräszähne von Straßenfräsen aus Hartmetall

Durch die Rotation der Walze der Straßenfräse (Drehzahl 100–300 $\text{U}/\text{min} \pm 10 \text{ U}/\text{min}$, je nach Gerät Leistung 200–1000 $\text{kW} \pm 50 \text{ kW}$) und Schnittkraft (50–200 $\text{kN} \pm 5 \text{ kN}$, bis 300 $\text{kN} \pm 10 \text{ kN}$) schneiden sich die Fräszähne in die Straßenoberfläche, bilden eine durchgehende Fräsfläche und zerkleinern den Asphalt oder Beton durch Extrusion (Anpressdruck 150–400 $\text{MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit 50–100 $\text{MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). Die Zahnschneidspitze trägt den größten Verschleiß und die größte thermische Belastung (Oberflächentemperatur $400-700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, kurzzeitig bis zu $900^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), der Grundstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit $40-50 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, zyklische Belastung $> 200 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Das spitze Design der Zahnschneidspitze optimiert die Schnittleistung (Frästiefe $5-15 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$), und das abgerundete Design reduziert Vibrationen (Beschleunigung $< 10 \text{ m}/\text{s}^2 \pm 1 \text{ m}/\text{s}^2$).

Unter den Bedingungen von Asphaltbelägen (Druckfestigkeit 5–10 MPa), Zementbeton (20–40 MPa) und gemischten Untergründen (10–20 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer des Fräszahns mehr als 300–500 $\text{Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ (je nach Härte des Materials) und die Fräsleistung erreicht 200–500 $\text{m}^2/\text{h} \pm 20 \text{ m}^2/\text{h}$ (bis zu 600 $\text{m}^2/\text{h} \pm 20 \text{ m}^2/\text{h}$, Leistung $> 800 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keine erkennbare Rissbildung an der Zahnschneidspitze, die Verschleißtiefe $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (vorzugsweise $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95 \% \pm 2 \%$) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Wärmespannungsverteilung $< 120 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von

Fräszähnen aus Hartmetall für Straßenfräsmaschinen beeinflussen Ein Co-Gehalt von

6–12 % ± 1 % erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, $< 6 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \text{ %} \pm 2 \text{ %}$, $> 12 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ reduziert die Härte um $5 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ und erhöht die Wärmeausdehnung ($\text{CTE } 6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und 8–10 % $\pm 0,5 \text{ %}$ werden bevorzugt, um sowohl Leistung als auch Kosten zu berücksichtigen.

Korngröße

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), 1–1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Straßen mittlerer Härte geeignet, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \text{ %} \pm 3 \text{ %}$ und verringert die Zähigkeit um $10 \text{ %} \pm 2 \text{ %}$.

Geometrischer Schnittwinkel

$20^{\circ} - 40^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Fräisleistung (Schnittkraft $< 15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, Energieverbrauch $< 20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $> 45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ verringert die Leistung um $10 \text{ %} \pm 2 \text{ %}$, $< 20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ führt leicht zu $5 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ Zahnkollapsrisiko.

Eine Oberflächenbehandlung

der Zahnspitze mit einer Dicke von $3 - 5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Verlängerung der Lebensdauer um $20 \text{ %} \pm 3 \text{ %}$), bei $< 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt sich die Lebensdauer um $20 \text{ %} \pm 3 \text{ %}$, bei $> 5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöhen sich die Kosten um $15 \text{ %} \pm 2 \text{ %}$. Eine TiN-Beschichtung (Dicke $0,5 - 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400 - 500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($< 0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Der

wärmebehandelte

Basisstahl wird abgeschreckt (Härte HRC $40 - 52 \pm 2$, Tiefe $1,5 - 3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850 - 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), um die Tragleistung zu verbessern. Die Lebensdauer der Basis im ungehärteten Zustand wird um $15 \text{ %} \pm 3 \text{ %}$ reduziert und durch Anlassen ($200 - 250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 2–4 Stunden $\pm 0,5$ Stunden) werden die Restspannungen um $5 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ reduziert.

Eine Arbeitsumgebungstemperatur

von $> 600^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ verringert die Härte um $3 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$, ein Wassergehalt von $> 10 \text{ %} \pm 2 \text{ %}$ oder ein Sandgehalt von $> 5 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ erhöht den Verschleiß um $5 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$ und eine Cl^- -haltige Umgebung (Konzentration $> 0,5 \text{ %} \pm 0,1 \text{ %}$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015 \text{ mm/Jahr} \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Geräteparameter

: Fräsgeschwindigkeit $0,5 - 2 \text{ m/min} \pm 0,1 \text{ m/min}$, Drehmoment $500 - 1500 \text{ kN} \cdot \text{m} \pm 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$, Leistung $200 - 1000 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinträchtigen die Zahnlebensdauer und Effizienz. Zu hohe Parameter ($>$ Obergrenze $10 \text{ %} \pm 1 \text{ %}$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \text{ %} \pm 2 \text{ %}$.

Arten von Hartmetall-Fräszähnen für Straßenfräsmaschinen

Standard-Fräszähne

eignen sich für Asphaltbeläge (Druckfestigkeit $5 - 10 \text{ MPa}$), haben einen Durchmesser von $12 - 15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, eine Höhe von $20 - 25 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Lebensdauer $> 350 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$) und werden häufig bei der Autobahninstandhaltung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

verwendet.

Die verstärkten Fräszähne

sind für Zementbeton geeignet (Druckfestigkeit 20–50 MPa), haben einen Durchmesser von 15–20 mm $\pm$ 1 mm, eine Höhe von 25–40 mm $\pm$ 2 mm, eine hohe Schlagfestigkeit ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) und sind für Start- und Landebahnen von Flughäfen geeignet.

korrosionsbeständige Fräszähne

verwendet, mit Oberflächenbeschichtung TiAlN (Cl⁻-Beständigkeit $> 3000 \text{ Std.} \pm 100 \text{ Std.}$), Durchmesser 10–12 mm $\pm$ 1 mm, Höhe 20–30 mm $\pm$ 2 mm, Korrosionsbeständigkeit $> 99\% \pm 1\%$, geeignet für Küstenstraßen.

den speziellen Fräszähnen

gehören hochtemperaturbeständige ($> 900 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, Aufrechterhaltung von $95\% \pm 2\%$) und verschleißfeste Typen, die für hohe Temperaturen oder stark abrasive Straßen geeignet sind.

Anwendung von Hartmetall-Fräszähnen für Straßenfräsmaschinen

der Autobahninstandhaltung

wird Asphaltbelag (Druckfestigkeit 5–15 MPa) gefräst, die Lebensdauer beträgt 350–500 Stunden $\pm$ 50 Stunden gemäß JTJ 073-Standard.

Flughafenlandebahnen

werden für die Zementbetonsanierung (Druckfestigkeit 20–50 MPa) und die Schlagfestigkeit ($> 50 \text{ J}$, Spitze $200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) verwendet, um effizientes Fräsen gemäß ICAO-Anhang 14 zu gewährleisten.

Stadtstraßen

werden für gemischte Untergründe (Druckfestigkeit 10–20 MPa) verwendet, reduzieren Staub ($< 5\% \pm 1\%$) und erfüllen den GB/T 23458-Standard.

Die Küstenautobahn

verfügt über einen salzhaltigen Belag, der gegen Seewasserkorrosion beständig ist ($> 4.000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl⁻-Konzentration $> 3,5\% \pm 0,5\%$) und dem Standard DNVGL-RP-C203 entspricht.

Der Spezialbelag ist für Hochtemperatur- oder Hochabriebbeläge geeignet und weist eine Verschleißfestigkeit von $> 95\% \pm 2\%$ und eine Fräsleistung von 400

m²/h $\pm$ 20 m²/h im Jahr 2025 auf.

Entwicklung von Fräszähnen aus Hartmetall für Straßenfräsmaschinen.

Neue Materialien

führen Nano-WC (Korn $< 0,5 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$) ein, um die Härte zu verbessern (HV 2200–2600 $\pm$ 50), sowie TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, um $95\% \pm 2\%$ zu halten). Integrierte Sensoren

für intelligente Überwachung

(Genauigkeit $\pm 0,05\%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $> 1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Vibration ($< 10 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen (Fehler $< 5\% \pm 1\%$).

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke 40–60 $\mu\text{m} \pm 5 \text{ } \mu\text{m}$), um komplexe Zahnformen herzustellen und den

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Materialabfall um 10 %±2 % zu reduzieren.

Umweltanpassungsfähigkeit:

Entwicklung von hochtemperatur- und korrosionsbeständigen Zähnen (Druckfestigkeit > 50 MPa ± 5 MPa), mit einer Hitzebeständigkeit von 98 % ± 2 % im Jahr 2025.

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate > 80 % ± 5 %) zur Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks (CO₂-Reduktion von 20 % ± 3 %), gemäß ISO 14040-Norm.



Schneidzähne für Hartmetall-Kaltrecyclingmaschinen

Die Hartmetall-Kaltrecycler-Schneidzähne sind ein hocheffizientes Schneidwerkzeug, das speziell für Kaltrecycler (Kaltrecycler) entwickelt wurde und zur Aufbereitung von Altasphalt, Grundmaterialien oder Mischschichten für die Kaltregeneration vor Ort vorgesehen ist. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit optimiertem geometrischem Design und verschleißfesten Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Zuverlässigkeit auch bei hoher Belastung, hoher Luftfeuchtigkeit und hohem Abrieb. Als Schlüsselkomponente der Kaltrecyclertrommel beeinflussen die Schneidzähne direkt die Regenerationseffizienz, die Materialgleichmäßigkeit und die Baukosten. Sie werden häufig in der Autobahninstandhaltung, der Sanierung von Landstraßen und der Nivellierung von Industriegeländen eingesetzt. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen der Schneidzähne umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften der Schneidzähne von Kaltrecyclingmaschinen aus Hartmetall

Hartmetall-Schneidzähne verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt durch Spurenzusätze (wie Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350 - 1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45 - 55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5 - 10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150 - 200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30 - 60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5 - 2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8 - 1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die Schneidzähne sind üblicherweise spitz oder kegelförmig, mit einem Spitzendurchmesser von $10 - 18\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ und einer Höhe von $20 - 35\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$, montiert auf einer Rollenbasis (aus hochfestem legiertem Stahl, beispielsweise 40CrMo oder 42CrMo, mit einer Abschreckhärte von HRC $40 - 52 \pm 2$). Die Befestigungsmethoden umfassen Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200 - 1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) oder mechanisches Klemmen (Klemmkraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), wodurch ein stabiler Betrieb bei hohem Drehmoment ($400 - 1200\text{ kN}\cdot\text{m} \pm 50\text{ kN}\cdot\text{m}$) gewährleistet wird. Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN, TiAlN oder CrN, mit einer Dicke von $0,5 - 2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Oberfläche der Zahnspitze

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $< 0,25 \pm 0,05$ gesenkt und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz (Haftverlust $< 2 \% \pm 0,5 \%$) verbessert. Das Design integriert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Zahnschneidwinkel von $20-40^\circ \pm 5^\circ$ und einem Spanwinkel von $5-15^\circ \pm 2^\circ$. Es eignet sich für Asphaltdecken (Druckfestigkeit 5–15 MPa), Kiestragschichten (10–30 MPa) und wasserhaltige Mischschichten.

Eigenschaften der Schneidzähne einer Hartmetall-Kaltregenerationsmaschine

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30 , lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95 \% \pm 2 \%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{IC} 12–16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 200 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (vorzugsweise $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Dichte 14,8–15,2 $\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,1 \text{ g}/\text{cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 entsteht eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001 \text{ mm}/\text{Jahr}$, Cl-Beständigkeit $> 3000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ behält 90 $\% \pm 2 \%$ der Ausgangshärte bei, thermische Stabilität $> 95 \% \pm 2 \%$).

Funktionsprinzip der Schneidzähne von Hartmetall-Kaltrecyclern

: Unter der Einwirkung der Rotation der Kaltrecyclertrommel (Geschwindigkeit 80–250 U/min $\pm 10 \text{ U}/\text{min}$, je nach Geräteleistung 200–800 kW $\pm 50 \text{ kW}$) und der Schneidkraft (50–150 kN $\pm 5 \text{ kN}$, bis zu 250 kN $\pm 10 \text{ kN}$) schneiden die Schneidzähne in den alten Belag oder die Basis, um recyceltes Material zu bilden, und zerkleinern den Asphalt oder Kies durch Extrusion (Kontaktdruck 150–350 MPa $\pm 20 \text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit 40–80 MPa $\pm 5 \text{ MPa}$). Die Zahnschneidspitze trägt den größten Verschleiß und die größte thermische Belastung (Oberflächentemperatur 400–600 $^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, kurzzeitig bis zu 800 $^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), der Grundstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal, zyklische Belastung $> 200 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Das spitze Design der Zahnschneidspitze optimiert die Schnittleistung (Regenerationstiefe 5–20 cm $\pm 1 \text{ cm}$), und das konische Design reduziert Vibrationen (Beschleunigung $< 10 \text{ m}/\text{s}^2 \pm 1 \text{ m}/\text{s}^2$).

Die Leistung der Schneidzähne der Hartmetall-Kaltregenerationsmaschine besteht darin, dass

die optimierten Schneidzähne unter den Bedingungen von Asphaltbelägen (Druckfestigkeit 5–10 MPa), Schotteruntergrund (10–20 MPa) und wasserhaltiger Mischschicht (5–15 MPa) eine Lebensdauer von mehr als 300–450 Stunden $\pm 50 \text{ Stunden}$ haben und die Regenerationseffizienz 150–400 $\text{m}^2/\text{h} \pm 20 \text{ m}^2/\text{h}$ erreicht (bis zu 500 $\text{m}^2/\text{h} \pm 20 \text{ m}^2/\text{h}$, Leistung $> 600 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt, dass an der Zahnschneidspitze keine offensichtlichen Risse vorhanden sind, die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verschleißtiefe beträgt $<0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (vorzugsweise $<0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($>95 \% \pm 2 \%$) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung $<120 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von

Schneidzähnen aus Hartmetall für Kaltregenerationsmaschinen beeinflussen: Der Co-Gehalt von

$6-12 \% \pm 1 \%$ erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, $<6 \% \pm 1 \%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$, $>12 \% \pm 1 \%$ reduziert die Härte um $5 \% \pm 1 \%$ und erhöht die Wärmeausdehnung ($\text{CTE } 6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und $8-10 \% \pm 0,5 \%$ werden bevorzugt, um sowohl Leistung als auch Kosten zu berücksichtigen.

Korngröße

$0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Straßen mittlerer Härte geeignet, $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$.

Geometrischer Schnittwinkel

$20^{\circ}-40^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Regenerationseffizienz (Schnittkraft $<15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, Energieverbrauch $<15 \text{ kWh}/\text{m}^3 \pm 2 \text{ kWh}/\text{m}^3$), $>45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ verringert die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$, $<20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ führt leicht zu $5 \% \pm 1 \%$ Zahnkollapsrisiko.

Eine Oberflächenbehandlung

der Zahnschneidspitze mit einer Dicke von $3-5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Verlängerung der Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$), bei $<3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt sich die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, bei $>5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöhen sich die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine TiN-Beschichtung (Dicke $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400-500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$).

Der

wärmebehandelte

Basisstahl wird abgeschreckt (Härte HRC $40-52 \pm 2$, Tiefe $1,5-3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850-900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), um die Stützleistung zu verbessern. Die Lebensdauer der Basis im ungehärteten Zustand wird um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und durch Anlassen ($200-250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $2-4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) werden die Restspannungen um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert.

Ein Feuchtigkeitsgehalt der Arbeitsumgebung

$>15 \% \pm 2 \%$ oder ein Sandgehalt $>5 \% \pm 1 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$, eine Temperatur $>600^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ verringert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$ und eine Cl-haltige Umgebung (Konzentration $>0,5 \% \pm 0,1 \%$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015 \text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,002 \text{ mm}/\text{Jahr}$.

Die Geräteparameter

Regenerationsgeschwindigkeit $0,3-1,5 \text{ m}/\text{min} \pm 0,1 \text{ m}/\text{min}$, Drehmoment $400-1200 \text{ kN}\cdot\text{m} \pm 50 \text{ kN}\cdot\text{m}$, Leistung $200-800 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinflussen die Zahnlebensdauer und Effizienz. Zu hohe Parameter ($>$ Obergrenze $10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

Arten von Schneidzähnen aus Hartmetall für Kaltregenerationsmaschinen

Standardschneidzähne

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

eignen sich für Asphaltbeläge (Druckfestigkeit 5–10 MPa), haben einen Durchmesser von 12–15 mm $\pm$ 1 mm, eine Höhe von 20–25 mm $\pm$ 2 mm und eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Lebensdauer > 350 Stunden $\pm$ 50 Stunden) und werden häufig für die Autobahnregeneration verwendet.

Die verstärkten Schneidzähne

sind für Schotteruntergründe geeignet (Druckfestigkeit 10–30 MPa), haben einen Durchmesser von 15–18 mm $\pm$ 1 mm, eine Höhe von 25–35 mm $\pm$ 2 mm, eine hohe Schlagfestigkeit (> 100 J $\pm$ 10 J) und sind für Industriegelände geeignet.

Die korrosionsbeständigen Schneidzähne

werden in wasser- oder salzhaltigen Schichten eingesetzt, mit einer Oberflächenbeschichtung aus TiAlN (Cl⁻-Beständigkeit > 3000 Stunden $\pm$ 100 Stunden), einem Durchmesser von 10–12 mm $\pm$ 1 mm, einer Höhe von 20–30 mm $\pm$ 2 mm und einer Korrosionsbeständigkeit von >99% $\pm$ 1%, geeignet für Küstenstraßen.

den speziellen Schneidzähnen

gehören hochtemperaturbeständige (> 900 °C $\pm$ 20 °C, Aufrechterhaltung von 95 % $\pm$ 2 %) und verschleißfeste Typen, die für stark abrasive oder verschmutzte Straßen geeignet sind.

Anwendung von Hartmetall-Kaltregenerationsschneidzähnen. Die

Autobahnwartung

wird für die Regeneration von Asphaltbelägen verwendet (Druckfestigkeit 5 – 15 MPa), Lebensdauer 350 – 450 Stunden $\pm$ 50 Stunden, in Übereinstimmung mit der Norm JTJ 073.

Landstraßen

werden für die Sanierung der Schottertragschicht verwendet (Druckfestigkeit 10 – 20 MPa), Schlagfestigkeit (> 50 J, Spitze 200 J $\pm$ 10 J), um eine effiziente Regeneration in Übereinstimmung mit der Norm GB/T 23458 zu gewährleisten.

Industriestandorte

werden für unreine Schichten (Druckfestigkeit 10–30 MPa) verwendet, reduzieren Staub (<5 % $\pm$ 1 %) und erfüllen die Norm ISO 10816. **Küstenstraßen**

werden für salzhaltige Basen verwendet, sind beständig gegen Meerwasserkorrosion (> 4000 Stunden $\pm$ 100 Stunden, Beständigkeit gegen Cl⁻-Konzentration > 3,5 % $\pm$ 0,5 %) und erfüllen die Norm DNVGL-RP-C203.

Auf wasserhaltigen oder stark abrasiven Straßen werden **komplexe Schichten mit einer Verschleißfestigkeit von >95 % $\pm$ 2 % verwendet.**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Hartmetall-Betonbrecherzähne

Hartmetall-Betonbrecherzähne sind langlebige Schneidwerkzeuge für Betonbrecher oder Hydraulikhämmer zum effizienten Brechen von Stahlbeton, Fertigteilen oder gehärteten Zementstrukturen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit optimiertem geometrischem Design und verschleißfesten Beschichtungen. Dies bietet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Zuverlässigkeit in Umgebungen mit hoher Schlagfestigkeit, hohen Temperaturen und viel Staub. Als Schlüsselkomponente von Brechanlagen beeinflussen Brecherzähne direkt die Brechleistung, die Partikelgleichmäßigkeit und die Bausicherheit und werden häufig beim Gebäudeabbruch, bei der Straßensanierung und in der industriellen Abfallbehandlung eingesetzt. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Brecherzähnen umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Betonbrecherzähnen

Hartmetall-Brecherzähne verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2 \% \pm 0,1 \%$, VC $<1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1-3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5-1,5 \% \pm 0,1 \%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, Haltezeit $5-10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, Haltezeit $30-60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9 \% \pm 0,1 \%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $> 98\% \pm 1\%$.

Die Brechzähne sind üblicherweise konisch oder flach geformt und haben einen Spitzendurchmesser von $12\text{--}20\ \text{mm} \pm 1\ \text{mm}$ sowie eine Höhe von $25\text{--}40\ \text{mm} \pm 2\ \text{mm}$. Sie sind auf dem Brechhammer oder der Brechkopfbasis (aus hochfestem legiertem Stahl wie 40CrMo oder 42CrMo, Abschreckhärte HRC $40\text{--}52 \pm 2$) montiert. Die Befestigungsmethoden umfassen Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200\text{--}1300\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $> 800\ \text{MPa} \pm 50\ \text{MPa}$) oder mechanisches Einbetten (Einbettungskraft $> 12\ \text{kN} \pm 1\ \text{kN}$), wodurch ein stabiler Betrieb bei hoher Aufprallkraft ($50\text{--}300\ \text{kN} \pm 5\ \text{kN}$, Spitzenwert bis zu $500\ \text{kN} \pm 10\ \text{kN}$) gewährleistet wird. Die Zahnspitzenoberfläche kann mit mehreren Schichten Beschichtung (wie TiN, TiAlN oder CrN, Dicke $0,5\text{--}2\ \mu\text{m} \pm 0,1\ \mu\text{m}$) beschichtet werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $< 0,25 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit und Antihafteffizienz (Haftungsrate $< 2\% \pm 0,5\%$) verbessert wird. Das Design integriert Aufprallmechanik und Wärmeleitungsoptimierung, der Schnittwinkel der Zahnspitze beträgt $25\text{--}45^\circ \pm 5^\circ$, der Rückwinkel $5\text{--}15^\circ \pm 2^\circ$ und es ist für Stahlbeton oder gehärteten Zement mit einer Druckfestigkeit von $20\text{--}80\ \text{MPa}$ geeignet.

Materialeigenschaften von Hartmetall-Betonbrechzähnen

WC bietet eine hohe Härte (HV $1800\text{--}2200 \pm 30$, lokal bis zu $2400\text{--}2600 \pm 50$) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} $12\text{--}16\ \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu $18\ \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie ($> 100\ \text{J} \pm 10\ \text{J}$, momentaner Spitzenwert $> 300\ \text{J} \pm 20\ \text{J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,05\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,03\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte $14,8\text{--}15,2\ \text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,1\ \text{g}/\text{cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 entsteht eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\ \text{mm}/\text{Jahr} \pm 0,001\ \text{mm}/\text{Jahr}$, Cl⁻-Beständigkeit $> 3000\ \text{Stunden} \pm 100\ \text{Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$ behält $90\% \pm 2\%$ der Ausgangshärte bei, thermische Stabilität $> 95\% \pm 2\%$).

Funktionsprinzip der Hartmetall-Betonbrechzähne

Durch den hochfrequenten Stoß (Stoßfrequenz $10\text{--}50\ \text{Hz} \pm 2\ \text{Hz}$, je nach Geräteleistung $100\text{--}600\ \text{kW} \pm 50\ \text{kW}$) und die Stoßkraft ($50\text{--}300\ \text{kN} \pm 5\ \text{kN}$) des Hydraulikhammers bzw. Brechers schneiden die Brechzähne in den Beton, bilden Bruchstücke und zerstören die Stahlbetonkonstruktion durch Quetschen (Anpressdruck $300\text{--}600\ \text{MPa} \pm 20\ \text{MPa}$) und Spalten (Spaltkraft $100\text{--}200\ \text{kN} \pm 10\ \text{kN}$). Die Zahnspitze trägt den größten Verschleiß und die größte thermische Belastung (Oberflächentemperatur $500\text{--}800\ ^\circ\text{C} \pm 50\ ^\circ\text{C}$, kurzzeitig bis zu $1000\ ^\circ\text{C} \pm 50\ ^\circ\text{C}$), der Grundstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200\ \text{MPa} \pm 50\ \text{MPa}$), Wärmeleitung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(Wärmeleitfähigkeit $40\text{--}50 \text{ W/m}\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, zyklische Belastung $> 300 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Das konische Design der Zahnschneidkante optimiert die Schlageffizienz (Brechtiefe $5\text{--}30 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$), und das flache Design verbessert die Beständigkeit gegen seitliche Spannung ($< 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

Leistung von Hartmetall-Betonbrecherzähnen

Unter den Bedingungen von Stahlbeton (Druckfestigkeit $30\text{--}60 \text{ MPa}$), vorgefertigten Platten ($40\text{--}80 \text{ MPa}$) und gehärtetem Zement ($20\text{--}50 \text{ MPa}$) haben die optimierten Brechzähne eine Lebensdauer von mehr als $250\text{--}400 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ (abhängig von der Härte des Materials) und eine Brechleistung von $50\text{--}150 \text{ m}^3/\text{h} \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$ (bis zu $200 \text{ m}^3/\text{h} \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$, Leistung $> 500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtliche Rissbildung an der Zahnschneidkante, die Verschleißtiefe ist $< 0,05 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ (vorzugsweise $< 0,03 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$), die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95 \% \pm 2 \%$) und die Wärmeabfuhr zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung $< 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Betonbrecherzähnen beeinflussen

Der Co-Gehalt von

$6\text{--}12 \% \pm 1 \%$ erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. $< 6 \% \pm 1 \%$ führen zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$, $> 12 \% \pm 1 \%$ reduziert die Härte um $5 \% \pm 1 \%$ und erhöht die Wärmeausdehnung ($\text{CTE } 6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$). $8\text{--}10 \% \pm 0,5 \%$ werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Korngröße

$0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1\text{--}1,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ ist für Beton mittlerer Härte geeignet, $> 2 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$.

Geometrischer Schnittwinkel

$25^\circ\text{--}45^\circ \pm 5^\circ$ optimiert die Brechleistung (Schlagkraft $< 20 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$, Energieverbrauch $< 30 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ verringert die Leistung um $10 \% \pm 2 \%$, $< 25^\circ \pm 5^\circ$ führt leicht zu $5 \% \pm 1 \%$ Zahnkollapsrisiko.

Eine Oberflächenbehandlung

der Zahnschneidkante mit einer Dicke von $3\text{--}6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Verlängerung der Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$), bei $< 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt sich die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, bei $> 6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöhen sich die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine TiN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$, Abscheidungs-temperatur $400\text{--}500 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($< 0,3 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($> 700 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$).

Der

wärmebehandelte

Basisstahl wird abgeschreckt (Härte HRC $40\text{--}52 \pm 2$, Tiefe $1,5\text{--}3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850\text{--}900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$), um die Stützleistung zu verbessern. Die Lebensdauer der Basis im ungehärteten Zustand wird um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und durch Anlassen ($200\text{--}250 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $2\text{--}4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) werden die Restspannungen um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert.

Eine Arbeitsumgebungstemperatur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

von $> 700\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduziert die Härte um $3\% \pm 1\%$, ein Wassergehalt von $> 10\% \pm 2\%$ oder ein Stahlgehalt von $> 5\% \pm 1\%$ erhöht den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$ und eine Cl^- -haltige Umgebung (Konzentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015\text{ mm/Jahr} \pm 0,002\text{ mm/Jahr}$.

Die Geräteparameter

Schlagfrequenz $10\text{--}50\text{ Hz} \pm 2\text{ Hz}$, Schlagkraft $50\text{--}300\text{ kN} \pm 5\text{ kN}$, Leistung $100\text{--}600\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$ beeinflussen die Lebensdauer und Effizienz des Getriebes. Zu hohe Parameter ($>$ Obergrenze $10\% \pm 1\%$) verkürzen die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$.

Arten von Hartmetall-Betonbrecherzähnen

Standard-Brechzähne

eignen sich für normalen Beton (Druckfestigkeit $20\text{--}40\text{ MPa}$), haben einen Durchmesser von $12\text{--}15\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$, eine Höhe von $25\text{--}30\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ und eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Lebensdauer $> 300\text{ Stunden} \pm 50\text{ Stunden}$) und werden häufig beim Gebäudeabbruch verwendet.

Die verbesserten Brechzähne

eignen sich für Stahlbeton (Druckfestigkeit $40\text{--}80\text{ MPa}$), haben einen Durchmesser von $15\text{--}20\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$, eine Höhe von $30\text{--}40\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ und eine hohe Schlagfestigkeit ($> 150\text{ J} \pm 10\text{ J}$) und sind für den Brückenabbruch geeignet.

Korrosionsbeständige Brechzähne

werden für salzhaltigen oder wasserhaltigen Beton verwendet, mit Oberflächenbeschichtung TiAlN (Cl^- -Beständigkeit $> 3000\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$), Durchmesser $12\text{--}15\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$, Höhe $25\text{--}35\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$, Korrosionsbeständigkeit $> 99\% \pm 1\%$, geeignet für Küstenbauten.

den speziellen Brechzähnen

gehören hochtemperaturbeständige ($> 900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, Aufrechterhaltung von $95\% \pm 2\%$) und verschleißfeste Typen, die für Hochtemperatur- oder hochbewehrten Beton geeignet sind.

Anwendung von Hartmetall-Betonbrecherzähnen

Gebäudeabbruch

wird gewöhnlicher Beton zerkleinert (Druckfestigkeit $20\text{--}40\text{ MPa}$), mit einer Lebensdauer von $300\text{--}400\text{ Stunden} \pm 50\text{ Stunden}$, in Übereinstimmung mit der Norm GB 50300. Beim

Brückenabbruch

wird Stahlbeton verwendet (Druckfestigkeit $40\text{--}80\text{ MPa}$), und die Schlagzähigkeit ($> 100\text{ J}$, Spitze $300\text{ J} \pm 20\text{ J}$) gewährleistet effizientes Zerkleinern, in Übereinstimmung mit der Norm JTG 3362.

Industrieabfälle

werden zur Verarbeitung von gehärtetem Zement verwendet (Druckfestigkeit $20\text{--}50\text{ MPa}$), wobei die Staubentwicklung reduziert wird ($< 5\% \pm 1\%$), entsprechend der Norm ISO 10816. Bei

Küstengebäuden

wird salzhaltiger Beton verwendet, der gegen Seewasserkorrosion beständig ist ($> 4000\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl^- -Konzentration $> 3,5\% \pm 0,5\%$), in Übereinstimmung mit der Norm DNVGL-RP-C203.

Es werden komplexe Strukturen aus Stahlbeton oder Beton mit hoher Härte verwendet, mit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

einer Abriebfestigkeit von $>95 \% \pm 2 \%$ und einer Brechleistung von 130 $\text{m}^3/\text{h} \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$ im Jahr 2025.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

Neue Materialien

führen Nano-WC (Korn $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) ein, um die Härte (HV 2200–2600 ± 50) zu verbessern, und fügen TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, um 95 $\% \pm 2 \%$ zu halten). Forschung im Jahr 2024: Oxidationsbeständigkeit der ZrC-Beschichtung (Sauerstoffgewichtszunahme $<0,15 \% \pm 0,05 \%/h$).

Intelligenter Überwachungssensor

mit integrierter Genauigkeit (Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwacht Verschleiß (Tiefe $>1,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Vibration ($<15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$) in Echtzeit, optimiert den Austauschzyklus (Fehler $<5 \% \pm 1 \%$).

3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke 40–60 $\mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Zahnformen, wodurch der Materialabfall um 10 $\% \pm 2 \%$ reduziert wird.

Durch die Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

entstehen korrosionsbeständige und hochdruckfeste Zähne (Druckfestigkeit $> 60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$).

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80 \% \pm 5 \%$) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Reduktion 20 $\% \pm 3 \%$) gemäß ISO 14040-Norm.

Nationale und internationale Standards und Sicherheitsaspekte

Entspricht GB 50300 (Gebäudeabbruch), JTG 3362 (Autobahnbrücken), ISO 10816 (Vibrationsschutz) und DNVGL-RP-C203 (Offshore-Vorschriften). Staubschutzstandards werden 2025 hinzugefügt.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-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

Hartmetall-Rollenbohrer für die Öl- und Gasförderung

Der Hartmetall-Rollenbohrer für die Öl- und Gasförderung ist ein rotierendes Schneidwerkzeug, das für die Öl- und Gasförderung entwickelt wurde. Er wird hauptsächlich zum Aufbrechen von Gesteinsformationen und zur Erstellung von Bohrlöchern durch Rotation und Schlag eingesetzt. Sein Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) zur Herstellung der Rollen. Diese zeichnen sich durch hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit aus und gewährleisten so einen effizienten Betrieb unter komplexen Formationsbedingungen. Als Schlüsselkomponente der Bohrausrüstung beeinflussen Rollenbohrer direkt die Bohrgeschwindigkeit, die Bohrlochqualität und die Standzeit des Bohrwerkzeugs. Sie werden häufig in Tiefbohrungen, Ultratiefbohrungen und verschiedenen Formationsarten (wie weichen, harten und abrasiven Formationen) eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und den damit verbundenen Informationen im Jahr 2025 bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Rollenbohrern.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Rollenbohrern

Hartmetall-Rollenbohrer bestehen üblicherweise aus drei Rollengruppen, die sich jeweils um ihre eigene Achse drehen und am Bohrkörper montiert sind. Der Körper besteht aus hochfestem legiertem Stahl (z. B. 42CrMo, Härte HRC 40–52), und die Rollen bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase. Zur Leistungsoptimierung werden Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 , TaC, NbC) hinzugefügt. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie (wie SPS oder HIP), um sicherzustellen, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht, die Korngröße auf $0,5-2 \mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2 \mu\text{m}$) kontrolliert wird und die Härte $\text{HV } 1800-2200 \pm 30$ beträgt und lokal $2400-2600 \pm 50$ erreichen kann. Es gibt zwei Arten von Zähnen: Fräszähne (Stahlzähne) und Einsatzzähne (Hartmetallzähne). Stahlzähne eignen sich für weiche bis mittelharte Formationen, während Einsatzzähne (TCI) für harte oder abrasive Formationen vorgesehen sind. Auf die Zahnschneidkante kann eine TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-2 \mu\text{m}$) aufgetragen werden, um den Reibungskoeffizienten auf $<0,25 \pm 0,05$ zu senken.

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Rollenbohrern

Der Rollenmeißel funktioniert durch Rotation des Bohrers (Geschwindigkeit $60-250 \text{ U/min}$) und Druckbeaufschlagung (Meißeldruck $50-300 \text{ kN}$). Der Rollenmeißel rollt um die eigene Achse und die Zähne zerkleinern und scheren die Gesteinsformation. In weichen Formationen sind die Zähne des Bohrers länger und weiter auseinander, in harten Formationen kürzer und dichter. Die Lagerkonstruktion (z. B. Rollen- oder Gleitlager) ist mit einem Dichtungssystem (z. B. O-Ringen oder metallischen Gleitringdichtungen) und einer Druckausgleichsschmierung ausgestattet, um die Lebensdauer zu verlängern. Der Bohrer erzeugt vertikale Vibrationen am Boden des Bohrlochs und wandelt elastische Energie in Schlagkraft um, um das Zerkleinern des Gesteins zu unterstützen, während durch Gleitscheren die Schneidleistung verbessert wird. Er eignet sich für Formationen mit einer Druckfestigkeit von $5-60 \text{ MPa}$. Die Zerkleinerungstiefe kann mehrere Meter erreichen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die Leistung hängt von der Formation ab.

3. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-Rollenbohrern

Materialeigenschaften: WC sorgt für hohe Härte, Co für höhere Zähigkeit (K_{1c} 12-16 MPa·m^{1/2}), Verschleißrate <0,05 mm³ / N·m, hohe Temperaturbeständigkeit (>800°C, Oxidationsbeständigkeit >95%). Additive wie TaC verbessern die Hochtemperaturstabilität.

Geometrisches Design: Winkel und Zahnform des Kegels werden der Formation angepasst. Bei weichen Formationen kommen lange Meißelzähne zum Einsatz, bei harten Formationen kurze Rundzähne.

Arbeitsparameter: Bohrdruck, Drehzahl und Bohrflüssigkeitsdurchflussrate beeinflussen Lebensdauer und Effizienz. Zu hohe Parameter können die Lebensdauer um 15 % ± 2 % verkürzen.

Umweltfaktoren: Hohe Temperaturen (> 700 °C), stark abrasive oder wasserhaltige Formationen erhöhen den Verschleiß um 5 % ± 1 %.

4. Arten und Anwendungen von Hartmetall-Rollenbohrern

Fräszahnbohrer

Anwendbar auf weiche bis mittelharte Formationen (5–20 MPa), mit einer Lebensdauer von 200–300 Stunden, wird üblicherweise bei Erstbohrungen verwendet.

Einsteckzahn-Rollenbohrer (TCI): geeignet für harte Formationen (20–60 MPa), Lebensdauer 250–400 Stunden, wird häufig in tiefen Brunnen verwendet.

Einzelkegel-/Doppelkegelbohrer

Es wird für Richtbohrungen oder weiche Formationen mit höherer Effizienz verwendet.

Anwendungsszenario

Öl- und Gasexploration, Tiefbohrungen und Horizontalbohrungen. Tests im Jahr 2025 zeigten eine Effizienz von 50–150 m/h.

5. Technologische Entwicklung von Hartmetall-Rollenbohrern

Neue Materialien: Nano-WC verbessert die Härte und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit.

Intelligente Überwachung: Sensoren überwachen den Verschleiß in Echtzeit und optimieren die Austauschzyklen.

3D-Druck: Die SLM-Technologie reduziert den Materialabfall und hat eine Festigkeit von 1400 MPa±50 MPa.

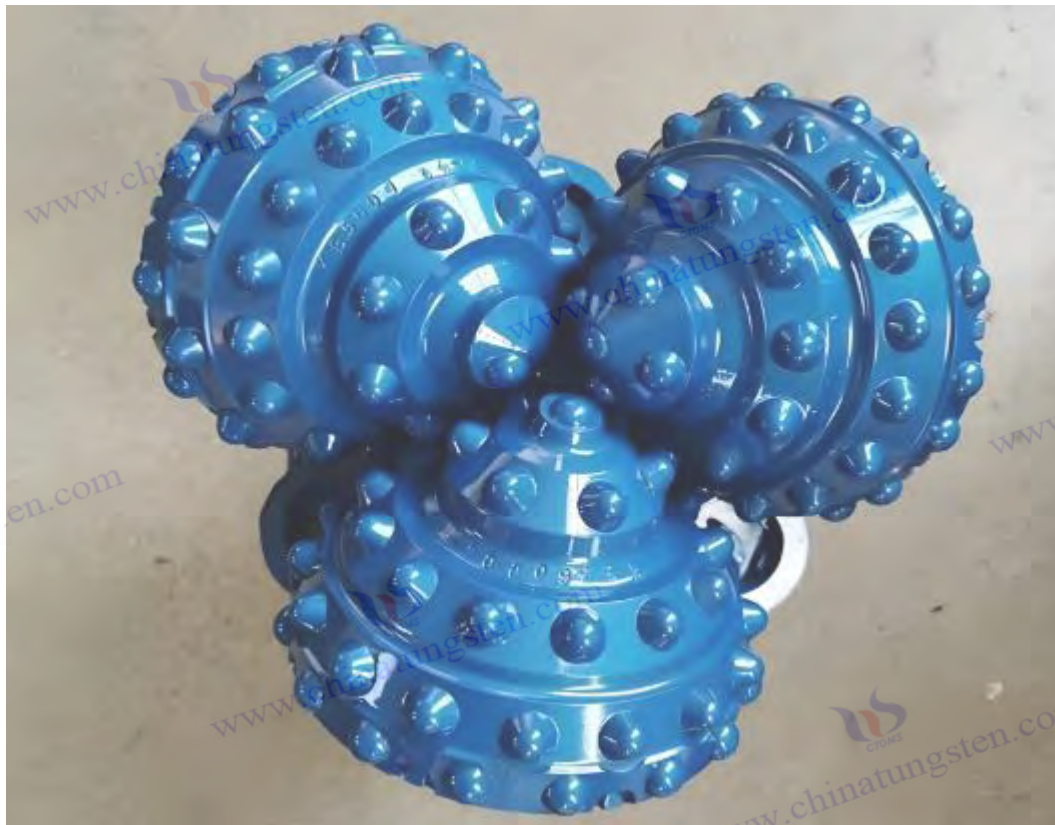
Hybrid-Design: kombiniert mit festen Schneidelementen für erhöhte Anpassungsfähigkeit.

6. Sicherheit und Standards von Hartmetall-Rollenbohrern

Gemäß API-Standards ist bei Verschleiß über dem Grenzwert (> 6 mm) ein Austausch erforderlich, die Unfallrate liegt unter 0,1 % und es muss Schutzausrüstung getragen werden.

Dank ihrer Vielseitigkeit und technologischen Innovation sind Hartmetall-Rollenbohrer Kernwerkzeuge für die Öl- und Gasförderung und tragen zur Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung der Branche bei.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was ist ein Hartmetall-Bohrmeißel für Hartgestein und Schiefer?

Hartmetall-Bohrmeißel für Hartgestein und Schiefergestein sind Schneidwerkzeuge für die geologische Exploration, die Öl- und Gasförderung sowie den Mineralienabbau. Sie werden hauptsächlich zum effizienten Bohren von Hartgestein und Schiefergestein eingesetzt. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) zur Herstellung von Bohrmeißeln. Diese zeichnen sich durch hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagzähigkeit aus und gewährleisten so hohe Effizienz und Langlebigkeit in Formationen mit hoher Härte und hoher Abrasion. Als Schlüsselkomponente der Bohrausrüstung beeinflussen Bohrmeißel direkt die Bohrgeschwindigkeit, die Bohrlochqualität und die Standzeit des Bohrwerkzeugs und werden häufig in Hartgestein (wie Granit, Kalkstein) und Schiefergestein eingesetzt. Basierend auf den neuesten Online-Informationen und technologischen Fortschritten werden im Folgenden Aufbau, Prinzip, Typ, Anwendung und technologische Entwicklung von Bohrmeißeln umfassend erläutert.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Bohrmeißeln für Hartgestein und Schiefergestein

Bohrer bestehen üblicherweise aus einer Verbundkonstruktion aus PDC (polykristallinem Diamantverbundwerkstoff) und Hartmetall. Der Hauptkörper besteht aus hochfestem legiertem Stahl (z. B. 42CrMo, Härte HRC 40–52). Die Schneidzähne bzw. -klingen bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\text{--}12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Ergänzend werden Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2\% \pm 0,1\%$, TaC $1\text{--}3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\text{--}1,5\% \pm 0,1\%$) verwendet, um Korngröße, Verschleißfestigkeit und Wärmeermüdungsbeständigkeit zu optimieren. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgietechnologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $45\text{--}55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $150\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9\% \pm 0,1\%$ erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen $1800\text{--}2200 \pm 30\text{ HV}$ und kann lokal $2400\text{--}2600 \pm 50$ erreichen. Die PDC-Schichtdicke beträgt $0,5\text{--}2\text{ mm}$. In Kombination mit dem Hartmetallsubstrat erhöht dies die Schlagzähigkeit deutlich ($K_1 \text{ c } 12\text{--}18\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$). Auf die Zahnschulter kann eine TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) aufgetragen werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert wird, die Verschleißfestigkeit um $20\% \pm 3\%$ verbessert wird und die Ermüdungsbeständigkeit durch Oberflächenmodifikation (wie etwa Laserverstärkung) weiter verbessert wird.

2. Prinzipien und Eigenschaften von Hartmetall-Bohrmeißeln für Hartgestein und Schiefer

Der Bohrmeißel rotiert (Drehzahl $100\text{--}300\text{ U/min} \pm 10\text{ U/min}$) und wird unter Druck gesetzt (Meißeldruck $50\text{--}400\text{ kN} \pm 10\text{ kN}$). Die Schneidzähne bzw. Klingen zerkleinern Hartgestein und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schiefergestein durch Scheren und Schleifen. Der Hartgesteinsbohrer verfügt über eine kurze Zahnanordnung mit hoher Dichte, optimiert den Schnittwinkel ($15-30^{\circ} \pm 2^{\circ}$) und verbessert das Eindringen in Formationen mit hoher Härte. Der Schieferbohrer verfügt über eine lange Zahnanordnung mit moderatem Abstand, um sich an die Bettungsstruktur und die Rissentwicklung anzupassen. Das Lagersystem ist mit Hochleistungswälzlager und metallischen Gleitringdichtungen ausgestattet, die hohen Temperaturen ($> 200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) standhalten und den Verschleiß durch hochwertige Schmiermittel (z. B. synthetische Ester) reduzieren. Der Bohrer erzeugt hohe Scherkräfte ($> 1000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) am Bohrlochboden und entfernt in Kombination mit der Spül- und Förderwirkung der Bohrflüssigkeit (wasser- oder ölbasiert) Ablagerungen. Er eignet sich für Formationen mit einer Druckfestigkeit von 20–100 MPa, und die Bohrtiefe kann Hunderte bis Tausende von Metern erreichen. Die Effizienz variiert je nach Härte der Formation (z. B. Granit 50–100 MPa, Schiefer 20–50 MPa), und die durchschnittliche Bohrgeschwindigkeit kann 10–50 m/h erreichen. Neueste Technologien nutzen zudem die adaptive Oszillationstechnologie, um die Bohreffizienz von Schieferformationen um $5\% \pm 1\%$ zu verbessern.

3. Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Bohrmeißeln für Hartgestein und Schiefer beeinflussen

Materialeigenschaften

WC bietet eine hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit ($K_{IC} 12-16\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert kann $18\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$ erreichen), Verschleißrate $< 0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, hohe Temperaturbeständigkeit (Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$ bei $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Die Verschleißfestigkeit der PDC-Schicht ist $30\% \pm 5\%$ höher als die von Hartmetall, die Schlagempfindlichkeit muss jedoch optimiert werden.

Geometrisches Design

Der Schnittwinkel von $15^{\circ}-30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Bohrleistung. Der Hartgesteinsbohrer verwendet konische Zähne für ein besseres Eindringen, während der Schieferbohrer flache Zähne verwendet, um sich der Schichtstruktur anzupassen. Die Spanabfuhrleistung wird durch die Gestaltung der Spanabfuhrnut (Breite $5-10\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$) beeinflusst. Die optimierte Spiralnute verbessert die Spanabfuhrleistung um $10\% \pm 2\%$.

Arbeitsparameter

Bohrdruck, Drehzahl und Bohrflüssigkeitsdurchflussmenge wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Bohrdruck $> 400\text{ kN}$ oder Drehzahl $> 300\text{ U/min}$) können die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$ verkürzen. Die optimalen Parameter müssen dynamisch an die Formationseigenschaften angepasst werden.

Umweltfaktoren

Hohe Temperaturen ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), hoher Abrieb (z. B. quarzsandhaltige Formationen) oder wasserhaltige Formationen erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$. Die Korrosionsrate in Cl^- -haltigen Umgebungen (Konzentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) steigt auf $0,01\text{ mm/Jahr} \pm 0,001\text{ mm/Jahr}$, und eine Korrosionsschutzbeschichtung (z. B. Cr_2O_3) ist erforderlich.

4. Arten von Hartmetall-Bohrmeißeln für Hartgestein und Schiefer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartgesteinsbohrer

Merkmale: Kurze Zähne mit dichter Anordnung, geeignet für Granit und Kalkstein (Druckfestigkeit 50–100 MPa), Lebensdauer 200–350 Stunden $\pm$ 20 Stunden, Bohrgeschwindigkeit 10–20 m/h, häufig verwendet bei der Erkundung tiefer Brunnen und im Tunnelbau in hartem Gestein.

Schieferbohrmeißel

Merkmale: Lange Zähne mit moderatem Abstandsdesign, geeignet für Schieferformationen (Druckfestigkeit 20–50 MPa), Lebensdauer 250–400 Stunden $\pm$ 20 Stunden, Bohrgeschwindigkeit 20–40 m/h, weit verbreitet bei der Schiefergasentwicklung und bei abwechselnd weichen und harten Formationen.

Hybridbohrer

Merkmale: Durch die Kombination von PDC und Hartmetall eignet es sich für komplexe Formationen (Druckfestigkeit 20–100 MPa), mit einer Testeffizienz von 60–120 m/h $\pm$ 5 m/h und ist für variable geologische Bedingungen geeignet.

Spezialbohrer

Dazu gehören hochtemperaturbeständige Bohrer ($> 800\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$) und korrosionsbeständige Bohrer (Cl⁻-beständig > 7000 Stunden $\pm$ 200 Stunden), die für extreme Umgebungen wie Tiefseebohrungen und vulkanische Gesteinsformationen optimiert sind.

5. Anwendung von Hartmetall-Bohrmeißeln für Hartgestein und Schiefergestein

Geologische Erkundung

Wird für die Entnahme von Tiefkernproben mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm gemäß ISO 3551-Standard zur Bewertung geothermischer Ressourcen verwendet.

Öl- und Gasbohrungen

Es wird bei Schiefergas, tiefen Öl- und Gasfeldern und Offshore-Bohrungen eingesetzt, hat eine Lebensdauer von 300–400 Stunden, entspricht den API 7-1-Standards und unterstützt die Entwicklung neuer Energien.

Mineralienabbau

Wird für den Abbau von Hartgestein wie Kupfer, Eisen und Gold verwendet, mit einer Verschleißfestigkeit von $>95\% \pm 2\%$, gemäß ISO 10896-Standard, und unterstützt den Abbau von Seltenerdmetallen.

Infrastrukturbau

Es wird zum Bohren von Löchern in Tunneln, Brücken und Hochgeschwindigkeitsbahnfundamenten verwendet, ist für Granitschichten geeignet und unterstützt das „Belt and Road“-Projekt.

Energiewende

Wird für das Bohren von Fundamenten für Windkraftanlagentürme und geothermische Bohrungen verwendet und verfügt über eine hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit, im Einklang mit der Norm IEC 61400.

Forschung und Lehre

Wird bei Experimenten zur Felsmechanik und beim Tiefseesedimentbohren mit einer Genauigkeit von $<0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ angewendet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verteidigung und Luft- und Raumfahrt

Wird zum Bohren von unterirdischen Bunkern und zur Verstärkung von Fundamenten für Raketenstartbasen verwendet, Schlagfestigkeit $>50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$.

6. Technologischer Fortschritt bei Hartmetall-Bohrmeißeln für Hartgestein und Schiefergestein

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessert die Härte (HV 2200-2600 ± 50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit ($>98 \% \pm 1 \%$), wodurch die Lebensdauer um $25 \% \pm 3 \%$ verlängert wird und es für ultratiefe Brunnen geeignet ist.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $>0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Temperatur ($<800 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von $<5 \% \pm 1 \%$.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30\text{--}50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) werden komplexe Schaufelblätter mit einer Festigkeit von $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ hergestellt, wobei der Materialabfall um $10 \% \pm 2 \%$ reduziert wird.

Adaptives Design

Passen Sie Schnittparameter (wie Bohrdruck und -geschwindigkeit) dynamisch an, um die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$ zu verbessern, kombiniert mit einer KI-Algorithmusoptimierung.

7. Normen für Hartmetall-Bohrmeißel für Hartgestein und Schiefergestein

Es entspricht internationalen Normen wie API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 und IEC 61400. Überschreitet der Verschleiß den Grenzwert ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), muss es ausgetauscht werden. Die Unfallrate liegt bei $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelme und Schutzbrillen) tragen. Ein neuer Standard für niedrige Verschleißraten wurde hinzugefügt, um die Anforderungen des Umweltschutzes zu betonen.

Hartmetall-Bohrmeißel für Hartgestein und Schiefer sind aufgrund ihrer hohen Leistung und ihres innovativen Designs wichtige Werkzeuge für Bohrprojekte. Sie tragen zur Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung bei der Erschließung tiefer Ressourcen bei. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter verbessern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse werden sie künftig voraussichtlich eine höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Was ist ein Hartmetall-Rollenbohrer für Tief- und Horizontalbohrungen?

Hartmetall-Rollenbohrer für Tief- und Horizontalbohrungen sind rotierende Schneidwerkzeuge für Tief- und Horizontalbohrungen. Sie finden breite Anwendung in der Öl- und Gasförderung und eignen sich für komplexe Formationsbedingungen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetall (z. B. Wolframstahl, WC-Co-System) zur Herstellung der Rollen. Diese zeichnen sich durch hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit aus und gewährleisten so einen effizienten Betrieb in großen Tiefen, bei hohen Temperaturen und in stark abrasiven Umgebungen. Als Schlüsselkomponente der Bohrausrüstung beeinflussen Rollenbohrer direkt die Bohrgeschwindigkeit, die Stabilität der Bohrbahn und die Standzeit des Bohrwerkzeugs. Sie finden wichtige Anwendung in ultratiefen Bohrungen, horizontalen Bohrabschnitten und harten Formationen. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Rollenbohrern.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Rollenbohrkronen für Tief- und Horizontalbohrungen

Der Rollenbohrer besteht üblicherweise aus drei oder mehr Rollengruppen, die auf einem Körper aus hochfestem legiertem Stahl (z. B. 42CrMo, Abschreckhärte HRC 40–52) montiert sind. Die Rollen verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6\text{--}12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1\text{--}3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5\text{--}1,5 \% \pm 0,1 \%$) zur Optimierung der Korngröße, Verschleißfestigkeit und Wärmeermüdungsbeständigkeit. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45\text{--}55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht und die Porosität $<0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen $1800\text{--}2200 \pm 30\text{ HV}$ und kann lokal $2400\text{--}2600 \pm 50$ erreichen. Zu den Verzahnungsarten gehören Einsatzzähne (TCI) und Stahlzähne. TCI eignet sich für harte Formationen, Stahlzähne für weiche bis mittelharte Formationen. Die Zahnschneidkante kann mit einer TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) versehen werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert, die Verschleißfestigkeit um $20 \% \pm 3 \%$ verbessert und die Ermüdungsbeständigkeit durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserverfestigung) weiter verbessert. Das Lagersystem besteht aus Wälzlagern oder Gleitlagern mit metallischen Gleitringdichtungen und druckkompensierter Schmierung und ist hochtemperaturbeständig ($> 250\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$).

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften

Der Rollenmeißel funktioniert durch Rotation des Bohrers (Geschwindigkeit $60\text{--}200\text{ U/min} \pm 10$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

U/min) und Druckbeaufschlagung (Meißeldruck $100 - 500 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$). Der Rollenmeißel rollt um die eigene Achse und die Zähne zerbrechen die Gesteinsformation durch Brechen, Scheren und Mahlen. Der Tiefbrunnenbohrer ist mit einer hochfesten Kurzzahnanordnung und einem optimierten Schnittwinkel ($15-25^\circ \pm 2^\circ$) ausgestattet, um das Eindringen in Formationen mit hoher Härte zu verbessern; der Horizontalbohrer ist mit einer langen Zahnstruktur optimiert, um seitlichen Kräften standzuhalten und sich an komplexe Flugbahnen und exzentrische Verschleißbedingungen anzupassen. Der Bohrer erzeugt eine hohe Aufprallkraft ($50 - 300 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$) am Boden des Bohrlochs, kombiniert mit der Spül- und Transportwirkung der Bohrflüssigkeit (auf Wasser- oder Ölbasis), um Schutt zu entfernen, und ist für Formationen mit einer Druckfestigkeit von $20 - 80 \text{ MPa}$ geeignet. Die Bohrtiefe von Tiefbrunnen kann $5000-8000 \text{ m}$ und die Länge des horizontalen Bohrabschnitts $2000-3000 \text{ m}$ erreichen. Die Effizienz hängt von der Formation ab und kann bis zu $50-120 \text{ m/h}$ erreichen. Die neueste Technologie nutzt einen adaptiven Oszillationsmechanismus, um die Bohreffizienz in komplexen Formationen um $5\% \pm 1\%$ zu verbessern.

3. Leistung und Einflussfaktoren

Materialeigenschaften

WC sorgt für hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit ($K_{IC} 12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert kann $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$ erreichen), Verschleißrate $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, hohe Temperaturbeständigkeit (Oxidationsbeständigkeit $>95\% \pm 2\%$ bei $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). TaC verbessert die Hochtemperaturstabilität und Cr_3C_2 verringert die interkristalline Korrosion.

Geometrisches Design

Winkel und Zahnform des Kegels werden entsprechend der Bohrlochtiefe und -bahn angepasst. Für tiefe Bohrlöcher werden kurze Zähne mit hoher Dichte verwendet, für horizontale Bohrlöcher lange Zähne mit antiexzentrischem Verschleiß. Das Design der Spanabfuhrnut (Breite $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert die Spanabfuhr, und die Spiralnut verbessert die Effizienz um $10\% \pm 2\%$.

Arbeitsparameter

Bohrdruck, Drehzahl und Bohrflüssigkeitsdurchfluss wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Bohrdruck $> 500 \text{ kN}$ oder Drehzahl $> 200 \text{ U/min}$) können die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$ verkürzen und müssen dynamisch angepasst werden.

Umweltfaktoren

Hohe Temperaturen ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), starker Abrieb (z. B. Quarzsandformationen) oder wasserhaltige Formationen erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$. Hoher Druck in Tiefbrunnen ($> 70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) erfordert eine verbesserte Abdichtung und Schmierung.

4. Typen und Anwendungen

Drehbohrmeißel für Tiefbrunnen

Merkmale: Hochfestes Kurzzahn-Layout, geeignet für ultratiefe Bohrlöcher ($> 5000 \text{ m}$, Druckfestigkeit $20-60 \text{ MPa}$), Lebensdauer $200-350 \text{ Stunden} \pm 20 \text{ Stunden}$, Bohrgeschwindigkeit $20-50 \text{ m/h}$, wird häufig bei der Tiefenbohrung von Öl und Gas verwendet.

Horizontaler Bohrmeißel für Brunnen

Merkmale: Lange Zahnstruktur zur Aufnahme seitlicher Kräfte, geeignet für horizontale Abschnitte (Druckfestigkeit $20-50 \text{ MPa}$), Lebensdauer $250-400 \text{ Stunden} \pm 20 \text{ Stunden}$, Bohrgeschwindigkeit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

30–70 m/h, weit verbreitet bei der Schiefergasförderung und komplexen Trajektorienbohrungen.

Hybridbohrer

Merkmale: Durch die Kombination von TCI und Stahlzähnen ist es für komplexe Formationen geeignet (Druckfestigkeit 20–80 MPa), mit einer Testeffizienz von 70–120 m/h $\pm$ 5 m/h und eignet sich für abwechselnd weiche und harte Formationen.

Spezialbohrer

Einschließlich hochtemperaturbeständiger Bohrer ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) und hochdruckbeständiger Bohrer (Druckbeständigkeit $> 100\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$), optimiert für Tiefseebohrungen und Hochtemperaturformationen.

5. Anwendung von Hartmetall-Rollenbohrern in Tiefbrunnen und Horizontalbohrungen

Öl- und Gasbohrungen

Anwendbar auf ultratiefe Bohrungen, horizontale Bohrungen und Offshore-Bohrungen, mit einer Lebensdauer von 300–400 Stunden, in Übereinstimmung mit den API 7-1-Standards und zur Unterstützung der Tiefenöl- und -gasförderung.

Geologische Erkundung

Wird für die Probenahme tiefer Kerne verwendet, Genauigkeit $\pm 0,01\text{ mm}$, gemäß ISO 3551-Standard, für die Bewertung geothermischer und mineralischer Ressourcen.

Mineralienabbau

Wird für den Abbau von Hartgestein wie Kupfer und Eisenerz verwendet, mit einer Verschleißfestigkeit von $>95\% \pm 2\%$, gemäß ISO 10896-Standard, und unterstützt den Abbau von Seltenerdmetallen.

Infrastrukturbau

Es wird zum Bohren tiefer Fundamentgruben für Tunnel und Brücken verwendet, passt sich an Schichten mit hoher Härte an und unterstützt große Ingenieurprojekte.

Energiewende

Wird für geothermische Bohrungen und die Verstärkung von Fundamenten für Windkrafttürme verwendet und verfügt über eine hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit gemäß IEC 61400-Standard.

Forschung und Entwicklung

Wird bei Experimenten zur Felsmechanik und bei Tiefbrunnentests mit einer Genauigkeit von $<0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ angewendet.

Wehrtechnik

Wird für unterirdische Bohrungen und zur Verstärkung von Militärstützpunktfundamenten verwendet, Schlagfestigkeit $>50\text{ J} \pm 5\text{ J}$.

6. Technologischer Fortschritt

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) verbessert die Härte ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit ($>98\% \pm 1\%$), wodurch die Lebensdauer um $25\% \pm 3\%$ verlängert wird.

Intelligente Überwachung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05\%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $> 0,5\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$) und Temperatur ($< 800\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von $< 5\% \pm 1\%$.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30\text{--}50\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) werden komplexe Zahnräder mit einer Festigkeit von $1500\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$ und einer Reduzierung des Materialabfalls um $10\% \pm 2\%$ hergestellt.

Adaptive Technologie

Passen Sie Bohrdruck und Rotationsgeschwindigkeit dynamisch an, um die Effizienz um $15\% \pm 2\%$ zu verbessern, und optimieren Sie die Bohrparameter mithilfe von KI-Algorithmen.

7. Sicherheit und Standards

Es entspricht internationalen Normen wie API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 und IEC 61400. Überschreitet der Verschleiß den Grenzwert ($> 6\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$), muss es ausgetauscht werden. Die Unfallrate liegt bei $< 0,1\% \pm 0,02\%$. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelme, Schutzbrillen) tragen. Sicherheitsinspektionen und Dichtungsdesign müssen in Tiefbrunnen mit hohem Druck verstärkt werden.

Dank ihrer hohen Leistung und ihres innovativen Designs sind Hartmetall-Rollenbohrkronen für Tief- und Horizontalbohrungen zentrale Werkzeuge für komplexe Bohrprojekte und tragen zur Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung bei der Erschließung tiefer Ressourcen bei. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird erwartet, dass sie künftig höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was sind Hartmetallbohrer zum Bohren von Granit und Basalt?

Hartmetallbohrer für Granit und Basalt sind Schneidwerkzeuge, die zum Bohren in hochhartes Gestein entwickelt wurden. Sie werden hauptsächlich in der geologischen Erkundung, im Mineralienabbau und im Infrastrukturbau eingesetzt und zielen auf superharte Formationen wie Granit und Basalt ab. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) zur Herstellung von Bohrern, die eine hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit aufweisen und so einen effizienten Betrieb unter Bedingungen mit hoher Härte und hohem Abrieb gewährleisten. Als Schlüsselkomponente der Bohrausrüstung beeinflussen Bohrer direkt die Bohrgeschwindigkeit, die Lebensdauer des Bohrers und die Konstruktionsqualität und werden häufig im Hartgesteinsabbau und bei Tiefbohrungen eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Bohrern.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Granit- und Basaltbohrern

Der Bohrer besteht aus einer Verbundkonstruktion aus PDC (polykristallinem Diamantverbundwerkstoff) und Hartmetall. Der Hauptkörper besteht aus hochfestem legiertem Stahl (z. B. 42CrMo, Härte HRC 40–52). Die Schneidzähne bzw. -klingen bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\text{--}12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Ergänzend werden Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2\% \pm 0,1\%$, TaC $1\text{--}3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\text{--}1,5\% \pm 0,1\%$) verwendet, um Korngröße, Verschleißfestigkeit und thermische Ermüdungsbeständigkeit zu optimieren. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgietechnologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $45\text{--}55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $150\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9\% \pm 0,1\%$ erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen $1800\text{--}2200 \pm 30\text{ HV}$ und kann lokal $2400\text{--}2600 \pm 50$ erreichen. Die $0,5\text{--}2\text{ mm}$ dicke PDC-Schicht wird mit dem Hartmetallsubstrat kombiniert, um die Schlagfestigkeit und Verschleißfestigkeit (K_{IC} $12\text{--}18\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$) zu verbessern. Die Zahnschmelze kann mit einer TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) versehen werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert, die Verschleißfestigkeit um $20\% \pm 3\%$ verbessert und die Ermüdungsbeständigkeit durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserverstärkung) weiter verbessert. Der Bohrer ist mit Hochleistungslagern und metallischen Gleitringdichtungen ausgestattet und hochtemperaturbeständig ($> 250\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$).

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Granit- und Basaltbohrern

Der Bohrmeißel funktioniert durch Rotation des Bohrers (Geschwindigkeit $80\text{--}250\text{ U/min} \pm 10\text{ U/min}$) und Druckbeaufschlagung (Meißeldruck $100\text{--}500\text{ kN} \pm 10\text{ kN}$). Die Schneidzähne oder -klingen brechen Granit (Druckfestigkeit $80\text{--}200\text{ MPa}$) und Basalt ($100\text{--}300\text{ MPa}$) durch hohe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Scher- und Schleifkräfte. Der Bohrmeißel ist mit einer kurzen, hochdichten Zahnanordnung und einem optimierten Schnittwinkel ($15-25^\circ \pm 2^\circ$) ausgestattet, um sich an ultraharte Formationen anzupassen. In Kombination mit der Spül- und Transportwirkung der Bohrflüssigkeit (auf Wasser- oder Ölbasis) werden Anhaftung und Ablagerung von Schmutz verringert. Der Bohrmeißel erzeugt eine hohe Schlagkraft ($100 - 400 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$) am Boden des Bohrlochs, was für Formationen mit großer Härte geeignet ist. Die Bohrtiefe kann Hunderte bis Tausende von Metern betragen. Die Effizienz hängt von der Härte des Gesteins ab und kann bis zu 30–80 m/h erreichen. Die neueste Technologie führt einen adaptiven Oszillationsmechanismus ein, um die Bohrleistung bei ultraharten Formationen um $5 \pm 1\%$ zu verbessern.

Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetallbohrern für Granit- und Basaltbohrungen

Materialeigenschaften : WC sorgt für hohe Härte, Co für verbesserte Zähigkeit ($K_{1c} 12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$), Verschleißrate $<0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, hohe Temperaturbeständigkeit (Oxidationsbeständigkeit $>95\% \pm 2\%$ bei $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Die Verschleißfestigkeit der PDC-Schicht ist $30\% \pm 5\%$ höher als die von Hartmetall, die Schlagempfindlichkeit muss jedoch optimiert werden.

Geometrisches Design : Ein Schnittwinkel von $15^\circ-25^\circ \pm 5^\circ$ optimiert die Bohrleistung. Die konische oder kugelförmige Zahnform verbessert das Eindringen in Granit und Basalt. Die Spanrillenform (Breite $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert die Spanabfuhr, und die Spiralnut verbessert die Effizienz um $10\% \pm 2\%$.

Arbeitsparameter : Bohrdruck, Drehzahl und Bohrflüssigkeitsdurchflussrate wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Bohrdruck $> 500 \text{ kN}$ oder Drehzahl $> 250 \text{ U/min}$) können die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$ verkürzen. Sie müssen dynamisch an die Formationseigenschaften angepasst werden.

Umweltfaktoren : Hohe Temperaturen ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), hoher Abrieb (z. B. quarzsandhaltige Formationen) oder wasserhaltige Formationen erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$, und hoher Druck ($> 100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) erfordert eine verstärkte Struktur und Dichtungen.

4. Arten und Anwendungen von Hartmetall-Granit- und Basaltbohrern

Granitbohrer

Eigenschaften: Kurze Zähne mit dichter Anordnung, geeignet für Granit (Druckfestigkeit 80–200 MPa), Lebensdauer 150–300 Stunden ± 20 Stunden, Bohrgeschwindigkeit 20–40 m/h, häufig verwendet im Tiefbau von Mineralien.

Basaltbohrer

Eigenschaften: Kurze Zähne mit dichter Anordnung, geeignet für Basalt (Druckfestigkeit 100–300 MPa), Lebensdauer 200–350 Stunden ± 20 Stunden, Bohrgeschwindigkeit 15–30 m/h, weit verbreitet im Infrastrukturbau.

Hybridbohrer

Merkmale: Durch die Kombination von PDC und Hartmetall eignet es sich für ultraharte und komplexe Formationen (Druckfestigkeit 80–300 MPa), mit einer Testeffizienz von $40-80 \text{ m/h} \pm 5 \text{ m/h}$ und ist für unterschiedliche geologische Bedingungen geeignet.

Spezialbohrer

Dazu gehören hochtemperaturbeständige Bohrer ($> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) und hochdruckbeständige

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Bohrer (druckbeständig $> 120 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$), die für extreme Umgebungen wie Vulkangestein und Tiefseeformationen optimiert sind.

5. Anwendung von Hartmetallbohrern zum Bohren von Granit und Basalt

Geologische Erkundung

Wird für die Probenahme tiefer Kerne verwendet, Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}$, gemäß ISO 3551-Standard, für die Bewertung geothermischer und mineralischer Ressourcen.

Mineralienabbau

Wird beim Abbau von Granit und Basalterz eingesetzt und weist eine Verschleißfestigkeit von $>95 \% \pm 2 \%$ auf, entsprechend der Norm ISO 10896, was den Abbau von Seltenen Erden und Edelmetallen erleichtert.

Infrastrukturbau

Wird zum Bohren von Löchern in Tunneln, Brücken und Hochgeschwindigkeitsschienenfundamenten verwendet, ist für ultraharte Formationen geeignet und unterstützt große Ingenieurprojekte.

Energiewende

Es wird bei Geothermiebohrungen und zur Verstärkung von Fundamenten für Windkrafttürme verwendet, verfügt über eine hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit und entspricht der Norm IEC 61400.

Forschung und Lehre

Wird bei Experimenten zur Felsmechanik und beim Bohren von superhartem Gestein mit einer Genauigkeit von $<0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ angewendet.

Wehrtechnik

Wird zum Bohren unterirdischer Bunker und zur Verstärkung von Militärstützpunkten verwendet, Schlagfestigkeit $>50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$.

6. Technologischer Fortschritt bei Hartmetall-Granit- und Basaltbohrern

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessert die Härte ($\text{HV } 2200\text{-}2600 \pm 50$), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit ($>98 \% \pm 1 \%$), wodurch die Lebensdauer um $25 \% \pm 3 \%$ verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $>0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Temperatur ($<800 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von $<5 \% \pm 1 \%$.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30\text{-}50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) werden komplexe Schaufelblätter mit einer Festigkeit von $1600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ hergestellt, wodurch der Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert wird.

Adaptive Technologie

Passen Sie Schnittparameter (wie Bohrdruck und -geschwindigkeit) dynamisch an, um die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$ zu verbessern, kombiniert mit einer KI-Algorithmusoptimierung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. Sicherheit und Normen für Hartmetall-Granit- und Basaltbohrer

Es entspricht internationalen Normen wie API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 und IEC 61400. Überschreitet der Verschleiß den Grenzwert ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), muss es ausgetauscht werden. Die Unfallrate liegt bei $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelme und Schutzbrillen) tragen. Sicherheitsinspektionen und strukturelle Konstruktionen müssen in Hochdruckumgebungen verstärkt werden.

Hartmetall-Granit- und Basaltbohrer sind aufgrund ihrer hohen Leistung und ihres innovativen Designs wichtige Werkzeuge für Hartgesteinsbohrungen. Sie tragen zur Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung bei der Erschließung tiefer Ressourcen bei. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets erweitern sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse werden sie künftig voraussichtlich eine höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was ist ein Hartmetall-Kernprobenbohrer?

Der Hartmetall-Kernprobenbohrer ist ein Schneidwerkzeug für geologische Erkundungen und wissenschaftliche Forschung, das zur Gewinnung hochwertiger Kernproben aus Gesteinsformationen eingesetzt wird. Sein Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) zur Herstellung des Bohrers. Dieses Material bietet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit und gewährleistet so effizientes Bohren und die Erhaltung der Kernintegrität in verschiedenen Gesteinsarten (wie Granit, Schiefer, Basalt). Als Schlüsselkomponente geologischer Bohrgeräte beeinflusst der Kernprobenbohrer direkt die Probengenauigkeit, die Kernausschüttung und die Bohrlebensdauer. Er wird häufig in der Mineralexploration, der Öl- und Gasexploration sowie der Umweltforschung eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Kernprobenbohrern.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Kernprobenbohrern

Kernbohrer haben üblicherweise eine zylindrische Form mit einer Innenwand zum Schutz des Kerns. Der Hauptkörper besteht aus hochfestem legiertem Stahl (z. B. 40CrMo, Härte HRC 40–50). Der Schneidteil besteht aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\text{--}12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase. Zugewetzt werden Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1\text{--}3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5\text{--}1,5 \% \pm 0,1 \%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und thermischer Ermüdungsbeständigkeit. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45\text{--}55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht und die Porosität $<0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen $1800\text{ und }2200 \pm 30\text{ HV}$ und kann lokal $2400\text{--}2600 \pm 50$ erreichen. Die Schneidzähne oder Klingen können mit einer TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) beschichtet werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert, die Verschleißfestigkeit um $20 \% \pm 3 \%$ verbessert und die Ermüdungsbeständigkeit durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserhärtung) weiter verbessert. Der Innendurchmesser des Bohrers ist entsprechend den Kernspezifikationen (wie NQ-, HQ-, PQ-Serie) ausgelegt, der Außendurchmesser beträgt $50\text{--}150\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$, ausgestattet mit hochpräzisen Lagern und Dichtungssystemen und hoher Temperaturbeständigkeit ($> 200\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$).

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Kernprobenbohrern

funktioniert durch Drehen des Bohrers (Geschwindigkeit $100\text{--}300\text{ U/min} \pm 10\text{ U/min}$) und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Druckbeaufschlagung (Bohrerdruck 20–200 kN ± 5 kN). Die Schneidzähne schneiden das Gestein entlang des Umfangs und der Kern steigt entlang der Innenwand zur Spitze des Bohrers auf. Der Bohrer ist für langsames Schneiden mit hohem Drehmoment und optimiertem Schnittwinkel ($15^{\circ} \pm 2^{\circ}$) ausgelegt, verringert Kernbrüche und kombiniert den Spül- und Transporteffekt der Bohrflüssigkeit (auf Wasser- oder Ölbasis), um die Integrität des Kerns zu gewährleisten. Er eignet sich für Formationen mit einer Druckfestigkeit von 20–200 MPa und die Bohrtiefe kann 1.000–3.000 m erreichen. Die Kernrückgewinnungsrate soll $> 90\% \pm 2\%$ betragen und die Effizienz hängt von der Härte der Formation ab und kann bis zu 10–30 m/h betragen. Die neueste Technologie führt einen adaptiven Schwingungsmechanismus ein, um die Kernrückgewinnungsrate komplexer Formationen um $5\% \pm 1\%$ zu erhöhen

3. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-Kernprobenbohrern

Materialeigenschaften : WC sorgt für hohe Härte, Co für verbesserte Zähigkeit (K_{1c} 12–16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, Spitzenwert bis 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5), Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, hohe Temperaturbeständigkeit (Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$ bei $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Die Beschichtung reduziert die Adhäsionsrate $< 2\% \pm 0,5\%$ und verbessert die Oberflächenqualität des Kerns.

Geometrisches Design : Schnittwinkel 15° – $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Schnittleistung, die Zahnform ist konisch oder hat eine flache Unterseite, die Glätte der Innenwand ist $< 0,1 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, wodurch die Kernreibung reduziert wird.

Arbeitsparameter : Bohrdruck, Drehzahl und Bohrflüssigkeitsdurchflussrate wirken sich direkt auf die Förderleistung aus. Zu hohe Parameter (z. B. Bohrdruck $> 200 \text{ kN}$ oder Drehzahl $> 300 \text{ U/min}$) können die Kernintegrität um $5\% \pm 1\%$ reduzieren und müssen dynamisch angepasst werden.

Umweltfaktoren : Hohe Temperaturen ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), hohe Abrasivität (wie z. B. Quarzsandformationen) oder wasserhaltige Formationen erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$, und die Viskosität der Bohrflüssigkeit muss angepasst werden, um den Kern zu schützen.

4. Arten und Anwendungen von Hartmetall-Kernprobenbohrern

Bohrer für die Probenahme von weichem Gestein

Eigenschaften: Geeignet für Schiefer und Tonstein (Druckfestigkeit 20–50 MPa), Lebensdauer 200–300 Stunden ± 20 Stunden, Bohrgeschwindigkeit 20–30 m/h, häufig verwendet für die Erkundung im flachen Gelände.

Bohrer zur Probenahme von Hartgestein

Eigenschaften: Geeignet für Granit und Basalt (Druckfestigkeit 50–200 MPa), Lebensdauer 150–250 Stunden ± 20 Stunden, Bohrgeschwindigkeit 10–20 m/h, weit verbreitet in tiefen Mineralien.

Hybridbohrer

Eigenschaften: Kombination aus PDC und Hartmetall, geeignet für komplexe Formationen (Druckfestigkeit 20–200 MPa), Testrückgewinnungsrate $> 95\% \pm 2\%$, geeignet für abwechselnd weiche und harte Formationen.

Spezialbohrer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Einschließlich hochtemperaturbeständiger Bohrer ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) und hochdruckbeständiger Bohrer (Druckbeständigkeit $> 100\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$), optimiert für extreme Umgebungen wie Tiefsee und vulkanische Gesteinsformationen.

5. Anwendung von Hartmetall-Kernprobenbohrern

Mineralexploration

Wird für die Probenentnahme von Erzen in großen Tiefen verwendet, Genauigkeit $\pm 0,01\text{ mm}$, gemäß ISO 3551-Standard, Anwendung bei der Exploration von Seltenen Erden und Edelmetallen.

Öl- und Gasexploration

Es wird für die Tiefenkerngewinnung eingesetzt, hat eine Lebensdauer von 200–300 Stunden, entspricht den API 7-1-Standards und unterstützt die Bewertung von Öl- und Gasfeldern.

Umweltstudien

Bei Boden- und Sedimentproben beträgt die Rückgewinnungsrate $> 90\% \pm 2\%$, was dem ASTM D2113-Standard entspricht und in der Klimaforschung verwendet wird.

Infrastrukturbau

Wird für geologische Untersuchungen von Tunneln und Brücken verwendet, ist für Schichten mit hoher Härte geeignet und unterstützt die Standortauswahl für Projekte.

Forschung und Lehre

Wird bei Experimenten zur Felsmechanik und geologischen Bohrtests mit einer Genauigkeit von $< 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ angewendet.

Wehrtechnik

Wird für die Erkundung unterirdischer Ressourcen und die Bewertung von Militärstützpunkten verwendet, Schlagfestigkeit $> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$.

6. Technologie der Hartmetall-Kernprobenbohrer

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) verbessert die Verschleißfestigkeit (HV 2200–2600 ± 50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit ($> 98\% \pm 1\%$), wodurch die Lebensdauer um $25\% \pm 3\%$ verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05\%$) überwachen den Verschleiß (Tiefe $> 0,5\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$) und den Kernstatus in Echtzeit und optimieren die Bohrparameter mit einem Fehler von $< 5\% \pm 1\%$.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30\text{--}50\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) lassen sich komplexe Schnittstrukturen mit einer Festigkeit von $1500\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$ herstellen, wobei der Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert wird.

Adaptive Technologie

Passen Sie die Schnittgeschwindigkeit dynamisch an, um die Wiederherstellungsrate um $5\% \pm 1\%$ zu erhöhen, und kombinieren Sie KI-Algorithmen, um den Bohrvorgang zu optimieren.

7. Sicherheit und Standards von Hartmetall-Kernprobenbohrern

Es entspricht internationalen Normen wie ISO 3551, ASTM D2113 und API 7-1. Überschreitet der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verschleiß den Grenzwert ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), muss es ausgetauscht werden. Die Unfallrate liegt bei $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelme, Schutzbrillen) tragen. Tiefbohrungen erfordern verbesserte Sicherheitsprüfungen und ein optimiertes Dichtungsdesign.

Dank ihrer hohen Präzision und ihres innovativen Designs sind Hartmetall-Kernbohrer Kernwerkzeuge für die geologische Exploration und tragen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und zur Optimierung der Datenqualität bei. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird erwartet, dass sie künftig höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was ist ein Hartmetall-Bohrmeißel für geothermische Brunnen?

Hartmetall-Bohrkronen für Geothermiebohrungen sind Schneidwerkzeuge, die speziell für die Erschließung geothermischer Ressourcen entwickelt wurden. Sie sind für die effiziente Bohrung von hochtemperierten, harten und korrosiven Formationen zur Gewinnung von Erdwärme konzipiert. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) zur Herstellung von Bohrkronen. Diese zeichnen sich durch hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit aus und gewährleisten so hohe Effizienz und Langlebigkeit auch unter extremen Bedingungen. Als Schlüsselkomponente geothermischer Bohrausrüstung beeinflussen Bohrkronen direkt die Bohrgeschwindigkeit, die Bohrlochqualität und die Lebensdauer des Bohrwerkzeugs und werden häufig in der Exploration und Entwicklung geothermischer Energie eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Bohrkronen.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Geothermiebohrkronen

Der Bohrer besteht üblicherweise aus einer Verbundkonstruktion aus PDC (polykristallinem Diamantverbundwerkstoff) und Hartmetall. Der Hauptkörper besteht aus hochtemperaturbeständigem legiertem Stahl (z. B. 42CrMoNi, Härte HRC 40–52). Die Schneide besteht aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\text{--}12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Zur Leistungssteigerung werden hochtemperaturbeständige Additive (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2\% \pm 0,1\%$, TaC $1\text{--}3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\text{--}1,5\% \pm 0,1\%$) eingesetzt. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45\text{--}55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9\% \pm 0,1\%$ erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen $1800\text{--}2200 \pm 30\text{ HV}$ und kann lokal $2400\text{--}2600 \pm 50$ erreichen. Die PDC-Schichtdicke beträgt $0,5\text{--}2\text{ mm}$, ist mit dem Hartmetallsubstrat verbunden und hochtemperaturbeständig ($>400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$). Die Zahnschneide ist mit einer TiAlN- oder CrN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) versehen. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert, die Korrosionsbeständigkeit um $15\% \pm 2\%$ verbessert und die Ermüdungsbeständigkeit durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserverfestigung) weiter verbessert. Der Bohrer ist mit Hochtemperaturdichtungen ($>300\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$) und einem druckkompensierten Schmiersystem ausgestattet.

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Geothermie-Bohrmeißeln

Der Bohrmeißel funktioniert durch Rotation (Geschwindigkeit $80\text{--}200\text{ U/min} \pm 10\text{ U/min}$) und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Druckbeaufschlagung (Meißeldruck $100 - 600 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$). Die Schneidzähne oder -klingen zerkleinern das heiße Gestein (wie Granit, Basalt, Druckfestigkeit $80 - 300 \text{ MPa}$) durch Scheren und Schleifen. Der Bohrmeißel ist mit einer hochdichten Kurzzahnanordnung und einem optimierten Schnittwinkel ($15-25^\circ \pm 2^\circ$) ausgestattet, um sich an Umgebungen mit hohen Temperaturen und hohem Druck anzupassen. Er kombiniert die Spül- und Transportwirkung von Hochtemperatur- Bohrflüssigkeiten (auf Wasser- oder Ölbasis), um Bohrgut zu entfernen. Der Bohrmeißel erzeugt eine hohe Schlagkraft ($100 - 500 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$) am Boden des Bohrlochs und eignet sich für geothermische Formationen mit einer Tiefe von $3.000-7.000 \text{ m}$ und einer Temperatur von $200 - 350^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$. Die Bohrleistung hängt von der Härte der Formation ab und kann bis zu $20-60 \text{ m}^3/\text{h}$ erreichen. Die neueste Technologie nutzt einen adaptiven Oszillationsmechanismus, um die Bohrleistung bei hohen Temperaturen um $5\% \pm 1\%$ zu steigern.

3. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-Geothermiebohrkronen

Materialeigenschaften : WC sorgt für hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit (K_{1c} $12-16 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert kann $18 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$ erreichen), hohe Temperaturbeständigkeit (Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$ bei $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). TaC verbessert die thermische Stabilität, Cr_3C_2 verringert die interkristalline Korrosion und die Korrosionsbeständigkeit der Beschichtung beträgt $< 0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$.

Geometrisches Design : Der Schnittwinkel von $15^\circ-25^\circ \pm 5^\circ$ optimiert die Bohrleistung. Die konische Zahnform verbessert das Eindringen in hartes Gestein. Die Spanrillenform (Breite $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert die Spanabfuhr, und die Spiralnut verbessert die Effizienz um $10\% \pm 2\%$.

Arbeitsparameter : Bohldruck, Drehzahl und Bohrflüssigkeitsdurchflussrate wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Bohldruck $> 600 \text{ kN}$ oder Drehzahl $> 200 \text{ U/min}$) können die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$ verkürzen. Sie müssen dynamisch an die Formationseigenschaften angepasst werden.

Umweltfaktoren : Hohe Temperaturen ($> 350^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), hoher Druck ($> 100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) oder Formationen, die H_2S enthalten, erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$, was eine verbesserte Korrosionsschutzkonstruktion und Hochtemperaturschmierung erfordert.

4. Arten und Anwendungen von Hartmetall-Geothermie-Bohrmeißeln

Flacher Geothermie-Bohrer

Eigenschaften: Anwendbar auf $200-1000 \text{ m}$, Druckfestigkeit $20-80 \text{ MPa}$, Lebensdauer $200-300 \text{ Stunden} \pm 20 \text{ Stunden}$, Bohrgeschwindigkeit $30-50 \text{ m/h}$, häufig verwendet bei der Entwicklung geringer Wärmeenergie.

Tiefe Geothermiebohrung

Eigenschaften: Anwendbar auf $3000-7000 \text{ m}$, Druckfestigkeit $80-300 \text{ MPa}$, Lebensdauer $150-250 \text{ Stunden} \pm 20 \text{ Stunden}$, Bohrgeschwindigkeit $20-40 \text{ m/h}$, weit verbreitet in Hochtemperatur-Geothermiebrunnen.

Hybridbohrer

Merkmale: Durch die Kombination von PDC und Hartmetall eignet es sich für komplexe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hochtemperaturformationen (Druckfestigkeit 20–300 MPa), mit einer Testeffizienz von 40–60 m/h ± 5 m/h und ist für variable geologische Bedingungen geeignet.

Spezialbohrer

Hierzu gehören Bohrer für ultrahohe Temperaturen ($> 400\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) und korrosionsbeständige Bohrer (beständig gegen H_2S > 5000 Stunden ± 200 Stunden), die für extreme Umgebungen wie tiefe, hochtemperierte Formationen optimiert sind.

5. Anwendung von Hartmetall-Geothermie-Bohrmeißeln

Erkundung der Geothermie

Wird zur Bewertung tiefer geothermischer Ressourcen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01\text{ mm}$ gemäß ISO 3551-Standard zur Bestimmung des geothermischen Energiepotenzials verwendet.

Entwicklung tiefer thermischer Energie

Anwendbar für die Bohrung geothermischer Brunnen bei hohen Temperaturen, mit einer Lebensdauer von 200–300 Stunden, in Übereinstimmung mit den API 7-1-Standards und zur Unterstützung der geothermischen Stromerzeugung.

Energiewende

Es wird in der Erdwärmeheizung und in Projekten zur Erzeugung neuer Energien eingesetzt, weist eine hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit auf und entspricht der Norm IEC 61400.

Forschung und Entwicklung

Wird zur Prüfung geothermischer Formationen und zur Wärmeflussforschung mit einer Genauigkeit von $< 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ verwendet.

Infrastrukturbau

Wird in Geothermie- und Infrastrukturintegrationsprojekten verwendet, ist an Schichten mit hoher Härte anpassbar und unterstützt umweltfreundliche Gebäude.

Wehrtechnik

Zum Bohren geothermischer Ressourcen und für militärische Anwendungen, Schlagfestigkeit $> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$.

6. Technologie der Hartmetall-Bohrer für geothermische Brunnenbohrungen

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) verbessert die Hochtemperaturbeständigkeit (HV 2200-2600 ± 50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit ($> 98\% \pm 1\%$), wodurch die Lebensdauer um $25\% \pm 3\%$ verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05\%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $> 0,5\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$) und Temperatur ($< 400\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) in Echtzeit und optimieren die Bohrparameter mit einem Fehler von $< 5\% \pm 1\%$.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30\text{--}50\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) werden komplexe Schnittstrukturen mit einer Festigkeit von $1600\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$ hergestellt, wodurch der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert wird.

Adaptive Technologie

Passen Sie Schnittparameter (wie Bohrdruck und -geschwindigkeit) dynamisch an, um die Effizienz um $10\% \pm 2\%$ zu verbessern, kombiniert mit einer KI-Algorithmusoptimierung.

7. Sicherheit und Standards von Hartmetall-Bohrmeißeln für geothermische Brunnen

Es entspricht internationalen Normen wie ISO 3551, API 7-1 und IEC 61400. Überschreitet der Verschleiß den Grenzwert ($> 6\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$), muss es ausgetauscht werden. Die Unfallrate liegt bei $< 0,1\% \pm 0,02\%$. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelme, Schutzbrillen) tragen. Sicherheitsinspektionen und Dichtungsdesigns müssen in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hohem Druck verstärkt werden. Mit ihrer hohen Leistung und ihrem innovativen Design sind Hartmetall-Geothermie-Bohrkronen das Kernwerkzeug für die Geothermie-Entwicklung und fördern die Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung erneuerbarer Energien. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird erwartet, dass sie in Zukunft eine höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.



Was sind Hartmetall-Baggerschneider?

Hartmetall-Baggerschneidzähne sind hocheffiziente Schneidwerkzeuge, die speziell für Bagger entwickelt wurden und zum Ausbaggern von Flüssen, Häfen und zum Ausheben und Reinigen von Meeresbodenschichten eingesetzt werden. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit einem optimierten geometrischen Design und einer verschleißfesten Beschichtung. Diese bieten hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleisten so hohe Effizienz und Langlebigkeit in stark abrasiven, feuchten und verunreinigungshaltigen Umgebungen. Als Schlüsselkomponente der Baggerschaufel oder des Schneidkopfes beeinflussen die Schneidzähne direkt die Baggerleistung, die Materialumschlagkapazität und die Lebensdauer der Ausrüstung und werden häufig in der Wasserstraßeninstandhaltung, im Hafenbau und im Schiffsbau eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

von Schneidzähnen.

1. Aufbau und Werkstoffe der Hartmetall-Baggerschneidzähne

Die Schneidzähne sind üblicherweise mit spitzen oder breiten Klingen ausgestattet und auf einem hochfesten legierten Stahlsubstrat (z. B. 40CrMo, Abschreckhärte HRC 40–52) montiert. Der Zahnkörper verwendet Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase, ergänzt durch Spurenzusätze (z. B. Cr_3C_2 $0,5-2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1-3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5-1,5 \% \pm 0,1 \%$) zur Optimierung der Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, Druck $45-55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, Haltezeit $5-10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, Druck $150-200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, Haltezeit $30-60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht und die Porosität $< 0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2 \mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen $1800-2200 \pm 30 \text{ HV}$ und kann lokal $2400-2600 \pm 50$ erreichen. Die Zahnschneidspitze wird mit einer TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) versehen. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $< 0,25 \pm 0,05$ reduziert, die Korrosionsbeständigkeit um $15 \% \pm 2 \%$ verbessert und die Ermüdungsbeständigkeit durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserhärtung) weiter verbessert. Zu den Befestigungsmethoden gehören Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Schweißfestigkeit $> 700 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) oder mechanisches Klemmen (Klemmkraft $> 10 \text{ kN} \pm 0,5 \text{ kN}$), das sich an Arbeiten mit hohem Drehmoment ($200-800 \text{ kN}\cdot\text{m} \pm 20 \text{ kN}\cdot\text{m}$) anpassen kann.

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Baggerschneidzähnen

Die Schneidzähne werden durch einen mechanischen oder hydraulischen Antrieb des Baggers angetrieben (Schnittgeschwindigkeit $0,5-2 \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s}$, Leistung $500-2000 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) und schneiden und graben Schluff-, Ton- oder Kiesformationen entlang der Oberfläche aus. Die Zahnschneidspitzen zerkleinern das Material durch Extrusion (Kontaktdruck $150-400 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit $30-70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$), geeignet für Formationen mit einer Druckfestigkeit von $5-50 \text{ MPa}$. Das Design integriert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Eintrittswinkel von $20-40^\circ \pm 5^\circ$, einem Spanwinkel von $5-15^\circ \pm 2^\circ$ und reduzierter Vibration (Beschleunigung $< 10 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$). Die Zahnschneidspitze ist hohen abrasiven und thermischen Belastungen ausgesetzt (Oberflächentemperatur $200-500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Die Matrix bietet strukturellen Halt (Zugfestigkeit $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Lebensdauer $> 10^6$ -fach $\pm 10^4$ -fach). Die neueste Technologie nutzt einen adaptiven Oszillationsmechanismus, um die Schneidleistung komplexer Formationen um $5 \% \pm 1 \%$ zu verbessern.

3. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-Baggerschneidzähnen

Materialeigenschaften : WC bietet hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit (K_{1c} $12-16 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

$\pm 0,5$, Spitzenwert kann $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^1 / ^2 \pm 0,5$ erreichen), Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$, Cl^- -Beständigkeit > 3000 Stunden ± 200 Stunden).

Geometrisches Design : spitze Zähne für harte Formationen, breite Zähne für weiche oder klebrige Formationen, optimierte Schneidleistung (Energieverbrauch $< 10 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,5 \text{ kWh/m}^3$). Spanrillendesign (Breite $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert den Materialabtrag.

Arbeitsparameter : Schnittgeschwindigkeit, Leistung und Schlammfluss wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Geschwindigkeit $> 2 \text{ m/s}$ oder Leistung $> 2000 \text{ kW}$) können die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$ verkürzen und müssen dynamisch angepasst werden.

Umweltfaktoren : Wassergehalt $> 15 \% \pm 2 \%$, Sandgehalt $> 5 \% \pm 1 \%$ oder Salzgehalt $> 3 \% \pm 0,5 \%$ erhöhen den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$ und erfordern eine verbesserte Korrosionsschutzbeschichtung und Schmierung.

4. Arten und Anwendungen von Hartmetall-Baggerschneidzähnen

Standard-Schneidzähne

Eigenschaften: Geeignet für weichen Schlamm und Ton (Druckfestigkeit $5-20 \text{ MPa}$), Lebensdauer $300-500$ Stunden ± 20 Stunden, Schneidleistung $150-300 \text{ m}^3/\text{h}$, häufig verwendet für Flussbaggerarbeiten.

Verbesserte Schneidzähne

Eigenschaften: Geeignet für Kies oder harten Boden (Druckfestigkeit $20-50 \text{ MPa}$), Lebensdauer $250-400$ Stunden ± 20 Stunden, Schneidleistung $100-250 \text{ m}^3/\text{h}$, weit verbreitet im Hafenbau.

Korrosionsbeständige Schneidzähne

Eigenschaften: Geeignet für Seewasserumgebung, Cl^- -Beständigkeit > 4000 Stunden ± 200 Stunden, Lebensdauer $350-450$ Stunden ± 20 Stunden, geeignet für die Schiffstechnik.

Spezielle Schneidzähne

Enthält hochtemperaturbeständige Schneidzähne ($> 500 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$) und extrem verschleißfeste Schneidzähne (Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimiert für extreme Umgebungen wie Tiefseebaggerungen.

5. Anwendung von Hartmetall-Baggerschneidzähnen

Kanalwartung

Es wird zum Ausbaggern von Flüssen und Kanälen verwendet, hat eine Lebensdauer von $300-400$ Stunden und entspricht der Norm ISO 19901 zur Gewährleistung der Schifffahrtssicherheit.

Hafenbau

Wird für die Hafenerweiterung und die Reinigung von Dockfundamenten verwendet, Verschleißfestigkeit $> 95 \% \pm 2 \%$, gemäß DIN-Norm 19704.

Schiffstechnik

Wird für Unterwasseraushubarbeiten und die Verlegung von Pipelines verwendet, verfügt über eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit und entspricht dem API 7K-Standard.

Umweltgovernance

Wird zur Reinigung verschmutzter Sedimente mit einer Rückgewinnungsrate von $> 90 \% \pm 2 \%$ eingesetzt und unterstützt Projekte zur Verbesserung der Wasserqualität.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Infrastrukturbau

Wird zum Ausbaggern von Wasserkraftwerken und Brückenfundamenten verwendet, ist für Schichten mit hoher Härte geeignet und unterstützt Großprojekte.

Forschung und Entwicklung

Wird für die geologische Probenahme im Meer und für Unterwassertests mit einer Genauigkeit von $<0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ verwendet.

Landgewinnung, Inselbau und Riffbau

Bei Landgewinnungs- und Inselbauprojekten können Schneidzähne harte Meeresbodenformationen (wie Korallenriffe und Kiesschichten, mit einer Druckfestigkeit von 20 - 50 MPa) effizient bearbeiten, großflächige Erdaushub- und Aufschüttungsarbeiten durchführen, eine Lebensdauer von 300 - 450 Stunden und eine Effizienz von 200 - 500 m³/h erreichen und so den Projektfortschritt sicherstellen. Insbesondere beim Insel- und Riffbau ermöglichen die Korrosionsbeständigkeit (Cl-Beständigkeit > 4000 Stunden) und Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,05 mm³/N·m) der Schneidzähne einen Dauerbetrieb in Meerwasserumgebungen, gewährleisten die schnelle Bildung strategischer künstlicher Inseln und bieten eine solide Grundlage für die nationale Sicherheit und den Aufbau der Landesverteidigung. Verbesserte und spezielle Schneidzähne kommen auch mit sehr harten Formationen in der Tiefsee zurecht, erfüllen die dringenden Anforderungen beim Bau von Militärstützpunkten, Hafenverteidigungsanlagen und Offshore-Versorgungsstationen und stärken Chinas strategische Kontrolle über wichtige Gewässer wie das Südchinesische Meer.

6. Technologie der Hartmetall-Baggerschneidzähne

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessert die Verschleißfestigkeit (HV 2200-2600 $\pm$ 50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Korrosionsbeständigkeit ($>98 \% \pm 1 \%$), wodurch die Lebensdauer um $25 \% \pm 3 \%$ verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen den Verschleiß in Echtzeit (Tiefe $>0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von $<5 \% \pm 1 \%$.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30-50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) werden komplexe Zahnformen mit einer Festigkeit von $1400 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ hergestellt, wodurch der Materialabfall um $10 \% \pm 2 \%$ reduziert wird.

Adaptives Design

Passen Sie Schnittwinkel (wie Eintrittswinkel und Spanwinkel) dynamisch an, um die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$ zu verbessern, kombiniert mit der Optimierung des KI-Algorithmus.

7. Normen für Hartmetall-Baggerschneidzähne

Es entspricht internationalen Normen wie ISO 19901, DIN 19704, API 7K usw. Bei Verschleiß über dem Grenzwert ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) muss das System ausgetauscht werden. Die Unfallrate liegt bei $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$, und die Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelm, Schutzbrille, rutschfeste Stiefel) tragen. Die Seewasserumgebung erfordert ein rutschfestes Design und eine verbesserte Abdichtung.

Dank ihrer hohen Leistung und ihres innovativen Designs sind Hartmetall-Baggerschneidzähne die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

wichtigsten Werkzeuge der Baggertechnik und tragen zur Verbesserung der Wassernutzungseffizienz und Kostenoptimierung bei. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird erwartet, dass sie künftig eine höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen, insbesondere bei Landgewinnung, Insel- und Riffbau sowie nationalen Verteidigungsprojekten.



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was sind Hartmetall-Holzbrechzähne?

Hartmetall-Holzbrecherzähne sind ein hocheffizientes Schneidwerkzeug für Holzbrecher, mit dem Holz, Äste und Holzabfälle zu kleinen Partikeln oder Holzspänen zerkleinert werden. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit einem optimierten geometrischen Design und einer verschleißfesten Beschichtung. Diese bieten hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit und gewährleisten so hohe Effizienz und Langlebigkeit in Umgebungen mit hoher Intensität, hoher Luftfeuchtigkeit und vielen Verunreinigungen. Als Schlüsselkomponente der Holzbrechertrommel oder Schneidscheibe beeinflussen die Brechzähne direkt die Brechleistung, die Partikelgleichmäßigkeit und die Lebensdauer der Anlage. Sie werden häufig in der Holzverarbeitung, der Biomasseenergieerzeugung und dem Abfallrecycling eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Brechzähnen.

1. Aufbau und Material der Hartmetall-Holzbrecherzähne

Brechzähne sind üblicherweise spitz oder gezackt und auf einem hochfesten Trägermaterial aus legiertem Stahl (z. B. 40Cr, Härte HRC 40–50) montiert. Der Zahnkörper besteht aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\text{--}12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase. Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$) optimieren die Verschleißfestigkeit und die Antihafteffizienz. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, Druck $45\text{--}55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, Druck $150\text{--}200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht und die Porosität $< 0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2 \mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen 1800 und $2200 \pm 30 \text{ HV}$ und kann lokal $2400\text{--}2600 \pm 50$ erreichen. Die Zahnschneidkante wird mit einer TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) beschichtet. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $< 0,25 \pm 0,05$ reduziert. Die Antihafteffizienz (Haftungsrate $< 2 \% \pm 0,5 \%$) verbessert die Effizienz der Holzverarbeitung. Die Ermüdungsbeständigkeit wird durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserverstärkung) weiter verbessert. Zu den Befestigungsmethoden gehören Bolzenverbindungen oder Schweißen (Schweißfestigkeit $> 600 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$), die sich an Arbeiten mit hohem Drehmoment ($100\text{--}500 \text{ kN}\cdot\text{m} \pm 10 \text{ kN}\cdot\text{m}$) anpassen können.

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Holzerkleinerungszähnen

Die Brechzähne arbeiten durch die Rotation des Holzbrechers (Drehzahl $200\text{--}600 \text{ U/min} \pm 20 \text{ U/min}$, Leistung $50\text{--}300 \text{ kW} \pm 10 \text{ kW}$) und schneiden und zerkleinern entlang der Holzoberfläche. Die Zahnschneidkante zerlegt Holzfasern durch Extrusion (Anpressdruck $50\text{--}150 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit $20\text{--}50 \text{ MPa} \pm 2 \text{ MPa}$). Geeignet für Holz mit einer Härte von $5\text{--}30 \text{ MPa}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

und Verunreinigungsschichten. Das Design integriert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Eintrittswinkel von $25-45^\circ \pm 5^\circ$, einem Spanwinkel von $5-15^\circ \pm 2^\circ$ und reduzierter Vibration (Beschleunigung $< 8 \text{ m/s}^2 \pm 0,5 \text{ m/s}^2$). Die Zahnschneidspitze ist hohen Verschleiß- und Adhäsionsbelastungen ausgesetzt (Oberflächentemperatur $100-300^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Die Matrix bietet strukturellen Halt (Zugfestigkeit $> 1100 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Lebensdauer $> 10^6$ -fach $\pm 10^4$ -fach). Die neueste Technologie nutzt einen adaptiven Oszillationsmechanismus, um die Zerkleinerungseffizienz von komplexem Holz und unreinen Schichten um $5\% \pm 1\%$ zu verbessern.

3. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-Holzbrechzähnen

Materialeigenschaften : WC bietet eine hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit ($K_{1c} \approx 12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert kann $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$ erreichen), Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$).

Geometrisches Design : spitze Zähne für Hartholz oder Holz mit Nägeln, gezackte Zähne für Weichholz oder Holz mit großem Durchmesser, optimierte Brechleistung (Energieverbrauch $< 5 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,2 \text{ kWh/m}^3$). Spanrillendesign (Breite $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert die Holzspäneabfuhr.

Arbeitsparameter : Drehzahl, Leistung und Vorschub wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Drehzahl $> 600 \text{ U/min}$ oder Leistung $> 300 \text{ kW}$) können die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$ verkürzen und müssen dynamisch angepasst werden.

Umweltfaktoren : Wassergehalt $> 20\% \pm 2\%$, Verunreinigungsgehalt $> 5\% \pm 1\%$ oder Temperatur $> 300^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$. Die Haftung muss regelmäßig gereinigt und die Beschichtung optimiert werden.

4. Arten von Hartmetall-Holzzerkleinerungszähnen

Standard-Zähne zum Brechen

Eigenschaften: Geeignet für Weichholz und Äste (Härte $5-15 \text{ MPa}$), Lebensdauer $400-600 \text{ Stunden} \pm 20 \text{ Stunden}$, Zerkleinerungsleistung $100-200 \text{ m}^3/\text{h}$, häufig verwendet in der Biomassebrennstoffproduktion.

Verbesserte Brechzähne

Eigenschaften: Geeignet für Hartholz oder Holz mit Metallverunreinigungen (Härte $15-30 \text{ MPa}$), Lebensdauer $300-500 \text{ Stunden} \pm 20 \text{ Stunden}$, Zerkleinerungsleistung $80-150 \text{ m}^3/\text{h}$, weit verbreitet im Altholzrecycling.

Antihalt-Schneidzähne

Eigenschaften: Geeignet für Holz mit hoher Feuchtigkeit, Hafrate $< 1\% \pm 0,5\%$, Lebensdauer $450-600 \text{ Stunden} \pm 20 \text{ Stunden}$, geeignet für feuchte Umgebungen.

Spezielle Brechzähne

Enthält hochtemperaturbeständige Brechzähne ($> 300^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) und ultraverschleißfeste Brechzähne (Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimiert für extreme Bedingungen wie die Verarbeitung von öligem Holz.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Anwendung von Hartmetall-Holzbrecher-Brechzähnen

Holzverarbeitung

Wird zum Zerkleinern von Baumstämmen und Holzabfällen verwendet, hat eine Lebensdauer von 400–500 Stunden, entspricht der Norm ISO 17225 und wird bei der Herstellung von Holzprodukten eingesetzt.

Energieerzeugung aus Biomasse

Wird zur Aufbereitung von Holzhackschnitzeln und Biomassebrennstoffen verwendet, Wirkungsgrad 100–200 m³/h, gemäß Norm EN 14961, unterstützt erneuerbare Energien.

Abfallrecycling

Wird zum Recycling von Altholz und Bauholz verwendet, mit Abriebfestigkeit >95 % ± 2 %, gemäß DIN 51731-Norm, fördert die Kreislaufwirtschaft.

Forstwirtschaft

Es dient dem Baumschnitt und der Restastverarbeitung, eignet sich für hochhartes Holz und unterstützt die ökologische Sanierung.

Möbelherstellung

Wird zur Holzvorbehandlung und Spanabfuhr mit einer Genauigkeit von <0,1 mm ± 0,01 mm verwendet, um Produktionsprozesse zu optimieren.

Forschung und Entwicklung

Wird in Experimenten zur Holzmechanik und in der Biomasseforschung mit einer Genauigkeit von <0,01 mm ± 0,005 mm angewendet.

6. Hartmetall-Holzerkleinerungszähne-Technologie

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn <0,5 µm ± 0,01 µm) verbessert die Verschleißfestigkeit (HV 2200–2600 ± 50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit (>98 % ± 1 %), wodurch die Lebensdauer um 25 % ± 3 % verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit ± 0,05 %) überwachen den Verschleiß in Echtzeit (Tiefe >0,5 mm ± 0,05 mm) und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von <5 % ± 1 %.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke 30–50 µm ± 5 µm) werden komplexe Zahnformen mit einer Festigkeit von 1300 MPa ± 50 MPa und einer Reduzierung des Materialabfalls um 10 % ± 2 % hergestellt.

Adaptives Design

Passen Sie Schnittwinkel (wie Eintrittswinkel und Spanwinkel) dynamisch an, um die Effizienz um 10 % ± 2 % zu verbessern, kombiniert mit der Optimierung des KI-Algorithmus.

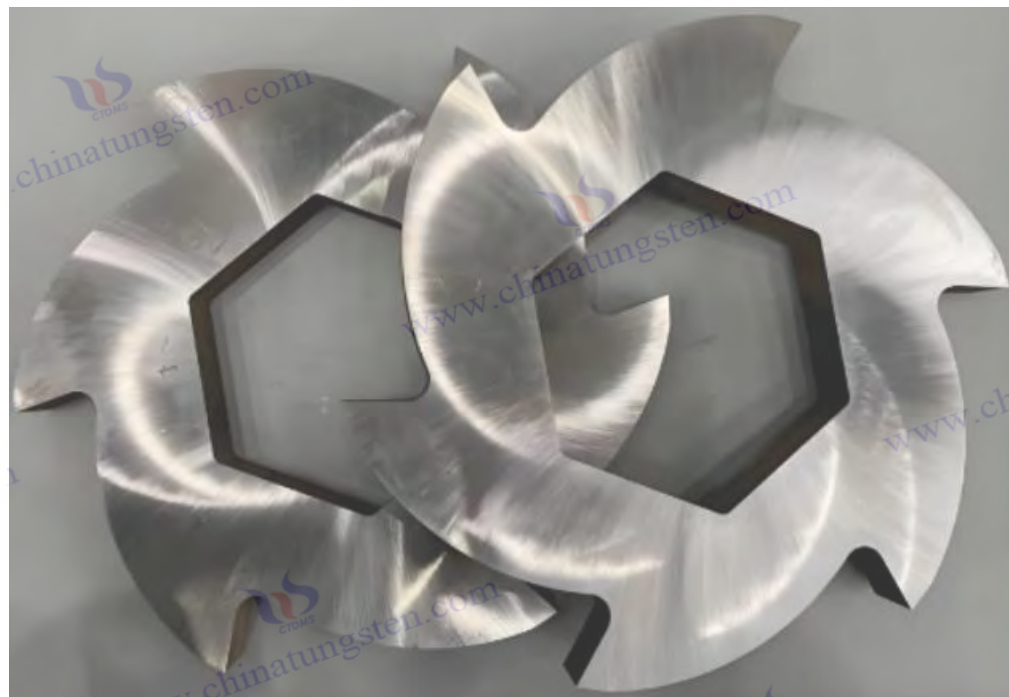
7. Hartmetall-Holzerkleinerungszähne Standard

Entspricht internationalen Normen wie ISO 17225, EN 14961 und DIN 51731. Ein Austausch ist erforderlich, wenn der Verschleiß den Grenzwert überschreitet (> 6 mm ± 0,5 mm). Die Unfallrate liegt bei < 0,1 % ± 0,02 %. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelm, Schutzbrille, rutschfeste Stiefel) tragen. Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit erfordern rutschfeste

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Konstruktion und regelmäßige Wartung.

Hartmetall-Holzbrecherzähne sind mit ihrer hohen Leistung und ihrem innovativen Design die Kernwerkzeuge der Holzverarbeitungsindustrie und fördern die effiziente Ressourcennutzung und eine nachhaltige Produktion. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird erwartet, dass sie künftig höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Was sind Hartmetall-Fällsägezähne für die Forstwirtschaft?

Hartmetall-Forstsägezähne sind ein hocheffizientes Schneidwerkzeug für Forstmaschinen zum Fällen von Bäumen, Stämmen und Holz. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit optimierter Geometrie und verschleißfester Beschichtung. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit und gewährleistet hohe Effizienz und Langlebigkeit auch bei hoher Intensität, hoher Luftfeuchtigkeit und in komplexen Umgebungen. Als Schlüsselkomponente von Fällmaschinen oder Kettensägen beeinflussen Sägezähne direkt Schnittgeschwindigkeit, Holzqualität und Lebensdauer der Geräte und finden breite Anwendung in der Forstwirtschaft, Holzverarbeitung und Aufforstung. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Sägezähnen.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Forstsägezähnen

Die Sägezähne sind üblicherweise als scharfe Dreiecke oder Trapeze ausgeführt und auf einem hochfesten legierten Stahlsubstrat (z. B. 40Cr, Härte HRC 40–50) montiert. Der Zahnkörper besteht aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\text{--}12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase. Ergänzend werden Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2 \% \pm 0,1 \%$, VC $< 1 \% \pm 0,1 \%$) verwendet, um die Verschleißfestigkeit und die Antihafteffekte zu optimieren. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45\text{--}55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht und die Porosität $< 0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(vorzugsweise $0,8-1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen 1800 und $2200 \pm 30 \text{ HV}$ und kann lokal $2400-2600 \pm 50$ erreichen. Die Zahnschmelze wird mit einer TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-1,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) beschichtet. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert. Die Antihafteffizienz (Haftungsrate $<2 \% \pm 0,5 \%$) verbessert die Schneidleistung. Die Ermüdungsbeständigkeit wird durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserverstärkung) weiter verbessert. Zu den Befestigungsmethoden gehören mechanisches Einbetten oder Schweißen (Schweißfestigkeit $> 500 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$), wodurch eine Anpassung an Arbeiten mit hohem Drehmoment ($50-300 \text{ kN}\cdot\text{m} \pm 10 \text{ kN}\cdot\text{m}$) möglich ist.

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Forstsägezähnen

Die Sägezähne drehen die Kette oder Scheibe des Holzfällers (Drehzahl $1000-3000 \text{ U/min} \pm 100 \text{ U/min}$, Leistung $20-150 \text{ kW} \pm 5 \text{ kW}$) und schneiden entlang der Stammoberfläche. Die Zahnschmelze zerlegt die Holzfasern durch Extrusion (Anpressdruck $30-100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit $15-40 \text{ MPa} \pm 2 \text{ MPa}$). Geeignet für Bäume mit einer Härte von $5-25 \text{ MPa}$ und Verunreinigungsschichten. Das Design integriert Schnittmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Eintrittswinkel von $20-35^\circ \pm 5^\circ$, einem Rücklaufwinkel von $5-10^\circ \pm 2^\circ$ und reduzierter Vibration (Beschleunigung $< 6 \text{ m/s}^2 \pm 0,5 \text{ m/s}^2$). Die Zahnschmelze ist hohen Verschleiß- und Adhäsionsbelastungen ausgesetzt (Oberflächentemperatur $50-200^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Die Matrix bietet strukturellen Halt (Zugfestigkeit $> 1000 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Lebensdauer $> 10^6$ -fach $\pm 10^4$ -fach). Die neueste Technologie nutzt einen adaptiven Oszillationsmechanismus, um die Schnittleistung bei komplexen Baumarten und unreinen Formationen um $5 \% \pm 1 \%$ zu verbessern.

3. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-Forstsägezähnen

Materialeigenschaften : WC bietet eine hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit ($K_{IC} 12-16 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert kann $18 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$ erreichen), Verschleißrate $<0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $<0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$).

Geometrisches Design : Dreieckszähne für Hartholz oder Stämme mit großem Durchmesser, Trapezzähne für Weichholz oder dünne Äste, optimierte Schnittleistung (Energieverbrauch $<3 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,1 \text{ kWh/m}^3$). Spanrillendesign (Breite $3-8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert die Holzspäneabfuhr.

Arbeitsparameter : Drehzahl, Leistung und Förderdruck wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Drehzahl $> 3000 \text{ U/min}$ oder Leistung $> 150 \text{ kW}$) können die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$ verkürzen und müssen dynamisch angepasst werden.

Umweltfaktoren : Wassergehalt $>20 \% \pm 2 \%$, Verunreinigungsgehalt $>5 \% \pm 1 \%$ oder Temperatur $>200^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ erhöhen den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$. Das Harz muss regelmäßig gereinigt und die Beschichtung optimiert werden.

4. Arten von Hartmetall-Forstsägezähnen

Standard-Sägezahn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Eigenschaften: Geeignet für Weichholz und mittelgroße Stämme (Härte 5-15 MPa), Lebensdauer 500-700 Stunden $\pm$ 20 Stunden, Schnittleistung 50-100 m³/h, häufig verwendet in der Forstwirtschaft.

Verbessertes Aliasing

Eigenschaften: Geeignet für Hartholz oder mit Verunreinigungen behaftete Stämme (Härte 15-25 MPa), Lebensdauer 400-600 Stunden $\pm$ 20 Stunden, Schnittleistung 40-80 m³/h, weit verbreitet in der gewerblichen Forstwirtschaft.

Antihaft-Sägezahn

Eigenschaften: Geeignet für Bäume mit hoher Luftfeuchtigkeit oder hohem Harzgehalt, Hafrate $<1\% \pm 0,5\%$, Lebensdauer 550-700 Stunden $\pm$ 20 Stunden, geeignet für feuchte Waldumgebung.

Spezial-Sägezahn

Enthält hochtemperaturbeständige Zähne ($>200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) und extrem verschleißfeste Zähne (Verschleißrate $<0,03\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimiert für extreme Bedingungen, wie beispielsweise die Behandlung ölhaltiger Arten.

5. Anwendung von Hartmetall-Forstsägezähnen

Forstwirtschaftliche Abholzung

Wird zum Fällen von Bäumen und Stämmen verwendet, Lebensdauer 500-600 Stunden, gemäß ISO-Norm 11837, Anwendung in der Forstressourcenentwicklung.

Holzverarbeitung

Wird für die Primärverarbeitung und den Holzschnitt von Rundholz mit einer Leistung von 50-100 m³/h gemäß der Norm EN 13556 eingesetzt und unterstützt die Herstellung von Holzprodukten.

Aufforstungsmanagement

Wird zum Baumschnitt und zum Entfernen von Ästen verwendet, mit Abriebfestigkeit $>95\% \pm 2\%$, gemäß DIN-Norm 18915, unterstützt die ökologische Wiederherstellung.

Energieerzeugung aus Biomasse

Es wird zur Holzvorbehandlung und Biomassebrennstoffaufbereitung verwendet, ist für Holz mit hoher Härte geeignet und entspricht der Norm EN 14961.

Infrastrukturbau

Wird zum Räumen von Forstwegen und zur Vorbereitung des Holztransports verwendet und unterstützt mit einer Aufprallfestigkeit von $>40\text{ J} \pm 5\text{ J}$ den Projektfortschritt.

Forschung und Entwicklung

Wird für Holzmechanik-Experimente und forstwirtschaftliche Forschung mit einer Genauigkeit von $<0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ verwendet.

6. Technologie der Hartmetall-Forstsägezähne

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) verbessert die Verschleißfestigkeit (HV 2200-2600 $\pm$ 50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit ($>98\% \pm 1\%$), wodurch die Lebensdauer um $25\% \pm 3\%$ verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05\%$) überwachen den Verschleiß in Echtzeit (Tiefe $>0,5\text{ mm}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,05$ mm) und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von $< 5 \% \pm 1 \%$.

3D-Druck

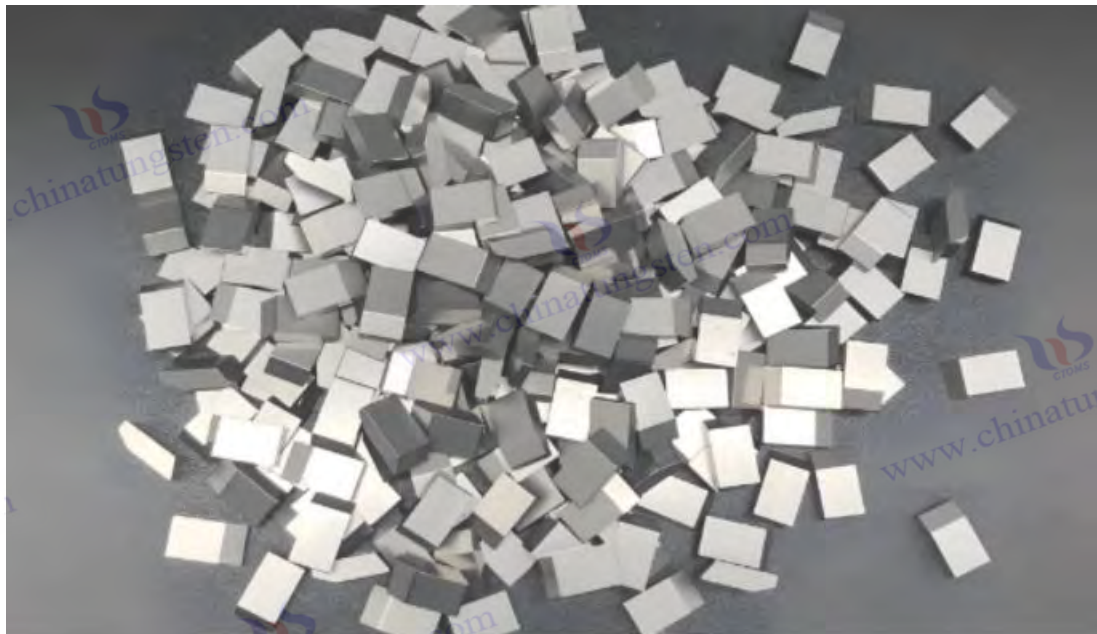
Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30\text{--}50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) werden komplexe Zahnformen mit einer Festigkeit von $1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ und einer Reduzierung des Materialabfalls um $10 \% \pm 2 \%$ hergestellt.

Adaptives Design

Passen Sie Schnittwinkel (wie Eintrittswinkel und Rückneigungswinkel) dynamisch an, um die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$ zu verbessern, kombiniert mit der Optimierung des KI-Algorithmus.

7. Normen für Hartmetall-Fällsägezähne

Es entspricht internationalen Normen wie ISO 11837, EN 13556 und DIN 18915. Ein Austausch ist erforderlich, wenn der Verschleiß den Grenzwert überschreitet ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) und die Unfallrate $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$ beträgt. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelme, Schutzbrillen und rutschfeste Stiefel) tragen. Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit erfordern ein rutschfestes Design und regelmäßige Wartung. Mit ihrer hohen Leistung und ihrem innovativen Design sind Hartmetall-Forstsägezähne die wichtigsten Werkzeuge der Forstwirtschaft und fördern die Verbesserung der Holzernteeffizienz und eine nachhaltige Forstwirtschaftsentwicklung. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird erwartet, dass sie in Zukunft eine höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was ist eine Hartmetall-Landgewinnungspflugschar?

Die Hartmetall-Landgewinnungspflugschar ist ein hocheffizientes Schneidwerkzeug für Landmaschinen und wird zum Bearbeiten, Lockern und Rekultivieren von hartem Boden eingesetzt. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit einem optimierten geometrischen Design und einer verschleißfesten Beschichtung. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Langlebigkeit in Umgebungen mit hoher Intensität, hoher Luftfeuchtigkeit und vielen Verunreinigungen. Als wichtige Komponente eines Traktors oder einer Landgewinnungsmaschine beeinflusst die Pflugschar direkt die Bearbeitungstiefe, die Bodenqualität und die Lebensdauer der Geräte. Sie wird häufig in der Landgewinnung, der landwirtschaftlichen Entwicklung und der Bodenverbesserung eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen der Pflugschar.

1. Aufbau und Werkstoffe von Hartmetall-Landgewinnungspflugscharen

Der Pflugscharkopf ist üblicherweise keil- oder bogenförmig gestaltet und auf einem hochfesten legierten Stahls substrat (z. B. 40CrMo, Härte HRC 40–52) montiert. Der Zahnkörper besteht aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\text{--}12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase. Zur Optimierung der Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit werden Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5\text{--}2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1\text{--}3 \% \pm 0,2 \%$) zugesetzt. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350\text{--}1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45\text{--}55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5\text{--}10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{--}1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30\text{--}60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht und die Porosität $<0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert und das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht, mit einem Härtebereich von HV $1800\text{--}2200 \pm 30$ und lokal bis zu $2400\text{--}2600 \pm 50$. Eine TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) wird auf die Spitze des Pflugscharkopfes aufgetragen, der Reibungskoeffizient wird auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert, die Korrosionsbeständigkeit um $15 \% \pm 2 \%$ verbessert und die Ermüdungsbeständigkeit wird durch Oberflächenmodifizierung (wie Laserverstärkung) weiter verbessert. Zu den Befestigungsmethoden gehören Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Schweißfestigkeit $> 700\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$) oder mechanisches Klemmen (Klemmkraft $> 10\text{ kN} \pm 0,5\text{ kN}$), das sich an Arbeiten mit hohem Drehmoment ($200\text{--}600\text{ kN}\cdot\text{m} \pm 20\text{ kN}\cdot\text{m}$) anpassen kann.

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften von Hartmetall-Landgewinnungspflugscharen

Die Pflugschar wird durch den mechanischen Antrieb eines Traktors oder Grubbers (Arbeitsgeschwindigkeit $1\text{--}3\text{ m/s}$, Leistung $50\text{--}200\text{ kW}$) angetrieben und schneidet in die Bodenoberfläche ein und pflügt sie. Die Spitze der Pflugschar zerkleinert harten Boden, Gesteinsfragmente oder Wurzeln durch Kompression (Kontaktdruck $100\text{--}300\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$) und Scherung (Scherfestigkeit $20\text{--}60\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$) und eignet sich für Formationen mit einer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Druckfestigkeit von 5–40 MPa. Das Design integriert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Eintrittswinkel von $25-40^{\circ} \pm 5^{\circ}$, einem Nachlaufwinkel von $5-15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ und reduzierter Vibration (Beschleunigung $< 10 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$). Der Pflugscharkopf ist hohen abrasiven und thermischen Belastungen ausgesetzt (Oberflächentemperatur $50-250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$). Die Matrix bietet strukturellen Halt (Zugfestigkeit $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Dauerfestigkeit $> 10^6$ -fach $\pm 10^4$ -fach). Die neueste Technologie nutzt einen adaptiven Schwingungsmechanismus, um die Effizienz der Bodenbearbeitung in komplexen Formationen um $5\% \pm 1\%$ zu steigern.

3. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-Landgewinnungspflugscharen

Materialeigenschaften : WC bietet eine hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit ($K_{1c} \approx 12-16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert kann $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$ erreichen), Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$).

Geometrisches Design : Die keilförmige Pflugschar eignet sich für harte oder felsige Böden, die gekrümmte Pflugschar für weiche oder klebrige Böden. Dadurch wird die Bodenbearbeitungseffizienz optimiert (Energieverbrauch $< 8 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,3 \text{ kWh/m}^3$). Die Bodenaustragsrinne (Breite $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert den Bodenaustrag.

Arbeitsparameter : Arbeitsgeschwindigkeit, Leistung und Bearbeitungstiefe wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (wie Geschwindigkeit $> 3 \text{ m/s}$ oder Leistung $> 200 \text{ kW}$) können die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$ verkürzen und müssen dynamisch angepasst werden.

Umweltfaktoren : Wassergehalt $> 15\% \pm 2\%$, Sandgehalt $> 5\% \pm 1\%$ oder Temperatur $> 250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$ und erfordern eine verbesserte Korrosionsschutzbeschichtung und Schmierung.

4. Arten von Hartmetall-Landgewinnungspflugscharen

Standard-Pflugschar

Eigenschaften: Geeignet für weiche Böden und Schichten mittlerer Härte (Druckfestigkeit 5–20 MPa), Lebensdauer 400–600 Stunden ± 20 Stunden, Bodenbearbeitungseffizienz 50–150 m^3/h , häufig in der landwirtschaftlichen Entwicklung verwendet.

Verbesserter Pflugscharkopf

Eigenschaften: Geeignet für harte Böden oder felsige Schichten (Druckfestigkeit 20–40 MPa), Lebensdauer 300–500 Stunden ± 20 Stunden, Bodenbearbeitungseffizienz 40–100 m^3/h , weit verbreitet in der Landgewinnung.

Korrosionsbeständige Pflugschar

Eigenschaften: Geeignet für hohe Luftfeuchtigkeit oder salzhaltige/alkalische Böden, Cl⁻-Beständigkeit > 3000 Stunden ± 200 Stunden, Lebensdauer 450–600 Stunden ± 20 Stunden, geeignet für die Küstenlandwirtschaft.

Spezialpflugschar

Hierzu zählen hochtemperaturbeständige Schare ($> 250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) und ultraverschleißfeste Schare (Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), die für extreme Bedingungen wie die Bearbeitung steiniger Böden optimiert sind.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. Anwendung von Hartmetall-Landgewinnungspflugscharen

Landgewinnung

Wird zum Bestellen von Ödland und unbebautem Land verwendet, hat eine Lebensdauer von 400–500 Stunden, entspricht der Norm ISO 9134 und wird bei der landwirtschaftlichen Expansion eingesetzt.

Landwirtschaftliche Entwicklung

Wird zur Bodenverbesserung und Pflanzvorbereitung mit einer Leistung von 50–150 m³/h gemäß EN 13536 eingesetzt und unterstützt die Lebensmittelproduktion.

Bodenverbesserung

Wird für die Behandlung von verhärteten Böden und salzhaltigen und alkalischen Böden verwendet, mit einer Abriebfestigkeit von $>95 \% \pm 2 \%$, im Einklang mit der Norm DIN 18907, und fördert die Landgewinnung.

Forst- und Weidebau

Es wird zur Waldrodung und zur Wiedergewinnung von Weiden verwendet, passt sich an Schichten mit hoher Härte an und unterstützt die ökologische Landwirtschaft.

Infrastrukturbau

Wird zum Ausheben von Bewässerungskanälen für Ackerland und zur Einebnung von Land verwendet, mit einer Schlagfestigkeit von $>50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$, zur Unterstützung technischer Anforderungen.

Forschung und Entwicklung

Wird in Bodenmechanik-Experimenten und in der Agrartechnologieforschung mit einer Genauigkeit von $<0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ angewendet.

6. Technologie der Hartmetall-Landgewinnungspflugschar

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessert die Verschleißfestigkeit (HV 2200–2600 ± 50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit ($>98 \% \pm 1 \%$), wodurch die Lebensdauer um $25 \% \pm 3 \%$ verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen den Verschleiß in Echtzeit (Tiefe $>0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von $<5 \% \pm 1 \%$.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke $30\text{--}50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) werden komplexe Pflugscharkopfformen mit einer Festigkeit von $1400 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ hergestellt, wodurch der Materialabfall um $10 \% \pm 2 \%$ reduziert wird.

Adaptives Design

Passen Sie Schnittwinkel (wie Eintrittswinkel und Spanwinkel) dynamisch an, um die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$ zu verbessern, kombiniert mit der Optimierung des KI-Algorithmus.

7. Sicherheit und Standards von Hartmetall-Landgewinnungspflugscharen

Entspricht internationalen Normen wie ISO 9134, EN 13536 und DIN 18907. Ein Austausch ist erforderlich, wenn der Verschleiß den Grenzwert überschreitet ($> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$). Die Unfallrate

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

liegt bei $< 0,1 \% \pm 0,02 \%$. Bediener müssen Schutzausrüstung (Schutzhelm, Schutzbrille, rutschfeste Stiefel) tragen. Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit erfordern rutschfeste Konstruktion und regelmäßige Wartung.

Dank ihrer hohen Leistung und ihres innovativen Designs sind Hartmetall-Landgewinnungspflugscharen zentrale Werkzeuge der Landmaschinenindustrie und tragen zur Verbesserung der Effizienz der Landbewirtschaftung und einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Entwicklung bei. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird künftig eine höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erwartet.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was sind Schneidzähne aus Hartmetall für Schotterbrecher?

Hartmetall-Schneidzähne für Schotterbrecher sind hocheffiziente Schneidwerkzeuge, die speziell für Gleisschotterbrecher entwickelt wurden, um Gleisschotter (wie Kies und Kieselsteine) zur Instandhaltung des Gleisunterbaus zu zerkleinern. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit einem optimierten geometrischen Design und einer verschleißfesten Beschichtung. Diese bieten hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit und gewährleisten so hohe Effizienz und Haltbarkeit auch bei hoher Härte, starkem Abrieb und dynamischer Belastung. Als wichtige Komponente von Schotterbrechern beeinflussen Schneidzähne direkt die Brechleistung, die Partikelgleichmäßigkeit und die Lebensdauer der Ausrüstung und werden häufig in der Gleisinstandhaltung, Schottererneuerung und Gleisreparatur eingesetzt. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und verwandten Informationen bietet der folgende Inhalt einen Überblick über die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Schneidzähnen.

1. Aufbau und Material der Schneidzähne des Hartmetall-Schotterbrechers

Die Schneidzähne sind üblicherweise konisch oder flach gestaltet und auf einem hochfesten legierten Stahlsubstrat (z. B. 42CrMo, Abschreckhärte HRC 40–52) montiert. Der Zahnkörper verwendet Wolframkarbid (WC, Gehalt $> 90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-12 \% \pm 1 \%$) als Bindephase, ergänzt durch Spurenzusätze (z. B. Cr_3C_2 $0,5-2 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1-3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5-1,5 \% \pm 0,1 \%$) zur Optimierung der Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie-Technologien wie etwa Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, Druck $45-55 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, Haltezeit $5-10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$) oder heißisostatisches Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, Druck $150-200 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, Haltezeit $30-60 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass die Materialdichte $99,9 \% \pm 0,1 \%$ erreicht und die Porosität $< 0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2 \mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Der Härtebereich liegt zwischen 1800 und $2200 \pm 30 \text{ HV}$ und kann lokal $2400-2600 \pm 50$ erreichen. Die Zahnschneidkante wird mit einer TiN- oder TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$) beschichtet. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $< 0,25 \pm 0,05$ reduziert, die Verschleißfestigkeit um $20 \% \pm 3 \%$ verbessert und die Ermüdungsbeständigkeit durch Oberflächenmodifizierung (z. B. Laserhärtung) weiter verbessert. Zu den Befestigungsmethoden gehören Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Schweißfestigkeit $> 800 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) oder mechanisches Einbetten (Einbettungskraft $> 12 \text{ kN} \pm 0,5 \text{ kN}$), das sich an hohe Aufprallkräfte ($50-300 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$) anpassen kann.

2. Funktionsprinzip und Eigenschaften der Schneidzähne von Hartmetall-Schotterbrechern

Die Schneidzähne arbeiten durch die Rotation oder den Aufprall des Schotterbrechers (Drehzahl $100-400 \text{ U/min} \pm 20 \text{ U/min}$, Leistung $100-500 \text{ kW} \pm 10 \text{ kW}$) und schneiden und zerkleinern entlang der Schotteroberfläche. Die Zahnschneidkante zerlegt den hochharten Schotter durch Extrusion (Anpressdruck $200-500 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) und Spalten (Spaltkraft $100-200 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$) und eignet

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sich für Formationen mit einer Druckfestigkeit von 50–150 MPa. Das Design integriert Aufprallmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Eintrittswinkel von $25\text{--}45^\circ \pm 5^\circ$, einem Austrittswinkel von $5\text{--}15^\circ \pm 2^\circ$ und reduzierter Vibration (Beschleunigung $< 15 \text{ m/s}^2 \pm 1 \text{ m/s}^2$). Die Zahnsitzen sind hohen abrasiven und thermischen Belastungen ausgesetzt (Oberflächentemperatur $300\text{--}600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Die Matrix bietet strukturellen Halt (Zugfestigkeit $> 1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Lebensdauer $> 10^6\text{-fach} \pm 10^4\text{-fach}$). Die neueste Technologie nutzt einen adaptiven Oszillationsmechanismus, um die Zerkleinerungseffizienz komplexer Schotterformationen um $5\% \pm 1\%$ zu verbessern.

3. Leistung und Einflussfaktoren der Hartmetall-Schotterbrecher-Schneidzähne

Materialeigenschaften : WC bietet hohe Härte, Co verbessert die Zähigkeit ($K_{IC} \approx 12\text{--}16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert kann $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0,5$ erreichen), Verschleißrate $< 0,05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, hohe Temperaturbeständigkeit ($> 800^\circ\text{C}$ Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 1\%$).

Geometrisches Design : Konische Zähne eignen sich für Schotter mit hoher Härte, flache Zähne für Schotter mit mittlerer Härte oder Verunreinigungen. Dadurch wird die Zerkleinerungseffizienz optimiert (Energieverbrauch $< 15 \text{ kWh/m}^3 \pm 0,5 \text{ kWh/m}^3$). Das Design der Schotteraustragsrinne (Breite $5\text{--}10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) optimiert den Schotteraustrag.

Arbeitsparameter : Drehzahl, Schlagkraft und Vorschub wirken sich direkt auf die Lebensdauer aus. Zu hohe Parameter (z. B. Drehzahl $> 400 \text{ U/min}$ oder Leistung $> 500 \text{ kW}$) können die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$ verkürzen und müssen dynamisch angepasst werden.

Umweltfaktoren : Wassergehalt $> 10\% \pm 2\%$, Sandgehalt $> 5\% \pm 1\%$ oder Temperatur $> 600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$ und erfordern eine verstärkte Wärmebehandlung und Kühlung.

4. Arten von Schneidzähnen für Hartmetall-Schotterbrecher

Standard-Schneidzähne

Eigenschaften: Geeignet für Schotter mittlerer Härte (Druckfestigkeit 50–80 MPa), Lebensdauer 250–400 Stunden ± 20 Stunden, Zerkleinerungsleistung 50–100 m^3/h , häufig verwendet in der konventionellen Gleiswartung.

Verbesserte Schneidzähne

Eigenschaften: Geeignet für Schotter mit hoher Härte (Druckfestigkeit 80–150 MPa), Lebensdauer 200–350 Stunden ± 20 Stunden, Zerkleinerungsleistung 40–80 m^3/h , weit verbreitet bei der Reparatur von Hochgeschwindigkeitszügen.

Abriebfeste Schneidzähne

Eigenschaften: Geeignet für sandige oder abrasive Formationen, Verschleißfestigkeit $> 95\% \pm 2\%$, Lebensdauer 300–450 Stunden ± 20 Stunden, geeignet für raue Umgebungen.

Spezielle Schneidzähne

Enthält hochtemperaturbeständige Schneidzähne ($> 600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) und extrem verschleißfeste Schneidzähne (Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), optimiert für extreme Bedingungen wie die Schotterverarbeitung bei hohen Temperaturen.

5. Anwendung von Hartmetall-Schotterbrecher-Schneidzähnen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Gleisschottererneuerung

Es wird zum Zerkleinern und Ersetzen von gealtertem Schotter verwendet, hat eine Lebensdauer von 250–350 Stunden, entspricht der Norm ISO 10893 und gewährleistet die Gleisstabilität.

Instandhaltung des Gleisfundaments

Wird zur Schotteranpassung und Fundamentverstärkung mit einer Leistung von 50–100 m³/h gemäß EN 13232 eingesetzt und unterstützt die Eisenbahnsicherheit.

Bahnbau

Wird für die Schotterverlegung und Fundamentvorbereitung neuer Leitungen verwendet, mit Abriebfestigkeit >95 % ± 2 %, gemäß DIN 5570-Standard, beschleunigt den Projektfortschritt.

Schwerlast-Schienenwartung

Es eignet sich für Ballast mit hoher Härte und häufige Stöße, weist eine Stoßfestigkeit von >50 J±5 J auf und unterstützt den Transport schwerer Lasten.

Umweltgovernance

Wird zur Reinigung von Schotterverschmutzungen mit einer Rückgewinnungsrate von >90 % ± 2 % eingesetzt und unterstützt so das ökologische Management der Eisenbahn.

Forschung und Entwicklung

Wird in Experimenten zur Schottermechanik und in der bahntechnischen Forschung eingesetzt, mit einer Genauigkeit von <0,01 mm±0,005 mm.

6. Technologie der Schneidzähne für Hartmetall-Schotterbrecher

Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn <0,5 µm±0,01 µm) verbessert die Verschleißfestigkeit (HV 2200-2600±50), und die ZrC-Beschichtung erhöht die Oxidationsbeständigkeit (>98 %±1 %), wodurch die Lebensdauer um 25 %±3 % verlängert wird.

Intelligente Überwachung

Integrierte Sensoren (Genauigkeit ±0,05 %) überwachen den Verschleiß in Echtzeit (Tiefe >0,5 mm ±0,05 mm) und optimieren Austauschzyklen mit einem Fehler von <5 % ±1 %.

3D-Druck

Mittels selektivem Laserschmelzen (SLM, Schichtdicke 30–50 µm ± 5 µm) werden komplexe Zahnformen mit einer Festigkeit von 1500 MPa ± 50 MPa und einer Reduzierung des Materialabfalls um 10 % ± 2 % hergestellt.

Adaptives Design

Passen Sie Schnittwinkel (wie Eintrittswinkel und Spanwinkel) dynamisch an, um die Effizienz um 10 %±2 % zu verbessern, kombiniert mit der Optimierung des KI-Algorithmus.

7. Normen für Schneidzähne von Hartmetall-Schotterbrechern

Erfüllt internationale Normen wie ISO 10893, EN 13232, DIN 5570 usw. Bei Verschleiß über dem Grenzwert (> 6 mm ± 0,5 mm) ist ein Austausch erforderlich. Die Unfallrate liegt unter 0,1 % ± 0,02 %. Das Bedienpersonal muss Schutzausrüstung (Schutzhelm, Schutzbrille, rutschfeste Stiefel) tragen. In Hochtemperaturumgebungen sind Kühlkonstruktionen und Wärmeschutz erforderlich.

Dank ihrer hohen Leistung und ihres innovativen Designs sind Hartmetall-Schotterbrecher-Schneidzähne wichtige Werkzeuge in der Gleiswartungsbranche und tragen zur Sicherheit und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Effizienz der Gleise bei. Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz und des industriellen Internets werden sich ihre Produktions- und Anwendungsaussichten weiter erweitern. In Kombination mit intelligenter Fertigung und Echtzeit-Datenanalyse wird erwartet, dass sie künftig höhere Präzision und Anpassungsfähigkeit erreichen.

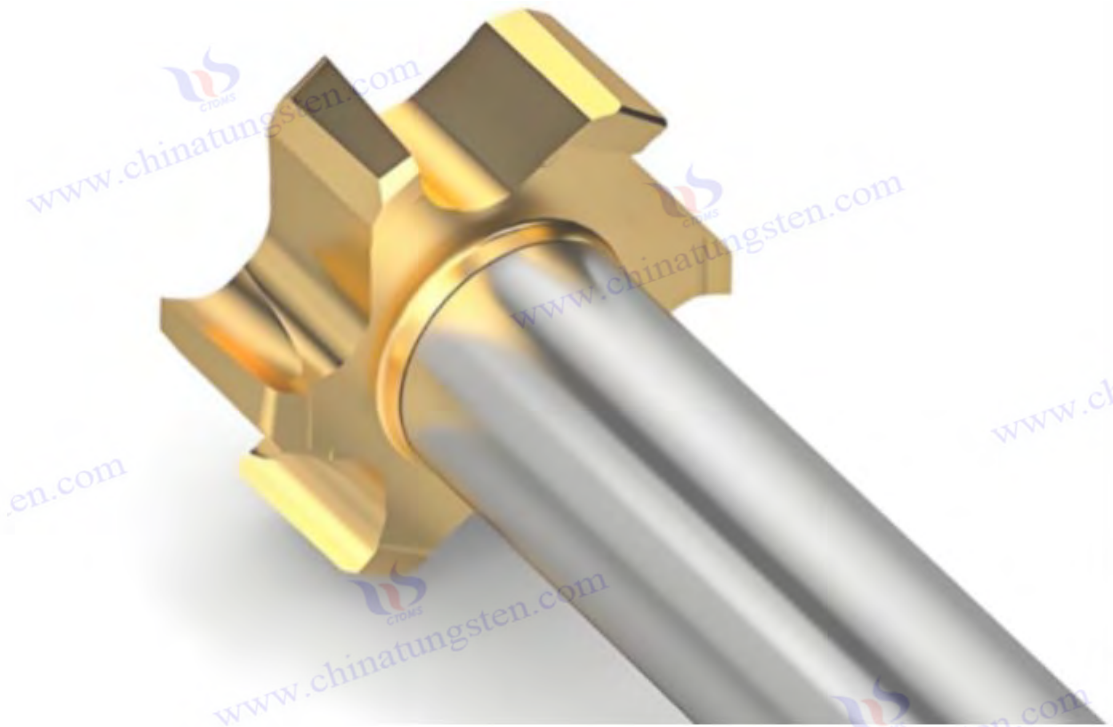


1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Was ist ein Hartmetall-T-Fräser?

Einführung in den intelligenten T-Typ-Fräser aus Chinatungsten- Hartmetall

Der Hartmetall-T-Fräser ist eines der herausragenden Produkte der CTIA GROUP LTD (CTIA) und zeichnet sich durch seine hervorragende Leistung und sein innovatives Design in der Metallverarbeitung aus. Dank fortschrittlicher Fertigungstechnologie und umfassender Branchenerfahrung bietet die CTIA GROUP LTD ihren Kunden hochpräzise und langlebige Schneidwerkzeuge. Der T-Fräser besteht aus Hartmetall (z. B. Wolframstahl, WC-Co-System) und ist für die Bearbeitung von T-Nuten, T-förmigen Bolzenlöchern oder Werkstücken mit ähnlichen Strukturen konzipiert. Seine Hauptvorteile liegen in seiner hohen Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagzähigkeit, die präzises Schneiden bei hohen Geschwindigkeiten und hoher Belastung gewährleisten. Als herausragendes Produkt der CTIA GROUP LTD findet der T-Fräser breite Anwendung in der mechanischen Bearbeitung, im Formenbau und in der Luft- und Raumfahrtindustrie und eignet sich insbesondere für die Bearbeitung von Stahl, Gusseisen und hochfesten Legierungen. Basierend auf dem technologischen Fortschritt der Branche und den damit verbundenen Informationen im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen des T-Fräasers detailliert vorgestellt.

1. Aufbau und Werkstoffe des Hartmetall-T-Fräasers

[illegible]

TaC 1–3 %) hinzugefügt. Der Herstellungsprozess umfasst Pulvermetallurgie (z. B. SPS oder HIP), um eine Materialdichte von $99,9\% \pm 0,1\%$, eine Korngröße von $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8\text{--}1,2\text{ }\mu\text{m}$) und eine Härte von $\text{HV } 1800\text{--}2200 \pm 30$ (lokal $2400\text{--}2600 \pm 50$) sicherzustellen. Die Klinge kann mit TiAlN oder AlCrN beschichtet werden (Dicke $0,5\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$). Der Reibungskoeffizient wird auf $<0,25 \pm 0,05$ reduziert und die Hitzebeständigkeit auf $>800\text{ }^{\circ}\text{C}$ erhöht. Der Werkzeugkörperdurchmesser beträgt $5\text{--}50\text{ mm}$, die Klingenlänge wird an die Nuttiefe des Werkstücks angepasst.

2. Funktionsprinzip des Hartmetall-T-Fräasers

Der T-Fräser arbeitet durch Rotation der Werkzeugmaschinen spindle (Drehzahl $500\text{--}3000\text{ U/min}$, Leistung $5\text{--}50\text{ kW}$). Die Schneide schneidet seitlich und axial entlang der Werkstückoberfläche und erzeugt so eine T-förmige Nut. Der Schneidvorgang kombiniert Extrusion und Scheren. Der Extrusionsdruck erreicht $200\text{--}500\text{ MPa}$ und die Scherfestigkeit liegt bei $50\text{--}100\text{ MPa}$. Dies ist für Werkstoffe mit einer Härte von $20\text{--}60\text{ HRC}$ geeignet. Durch die T-Form des Werkzeugs können der Nutboden und die Seitenwände in einem einzigen Arbeitsgang gefräst werden. Dies eignet sich besonders für Werkstücke, die hochpräzise T-förmige Strukturen erfordern. Während der Rotation berührt die Schneide das Werkstück und erzeugt hohe Hitze (Oberflächentemperatur $300\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$). Gleichzeitig wird durch Optimierung des Schnittwinkels und Kühlmittelzufuhr ein effizienter Materialabtrag erreicht.

3. Eigenschaften des Hartmetall-T-Fräasers

Das Design des T-Fräasers optimiert den Schnittwinkel mit einem Hauptspanwinkel von $10\text{--}20 \pm 5^{\circ}$ und einem Nebenspanwinkel von $5\text{--}10 \pm 2^{\circ}$. Dadurch werden Vibrationen während der Bearbeitung (Beschleunigung $< 5\text{ m/s}^2$) wirksam reduziert und die Oberflächengüte des Werkstücks ($R_a < 1,6\text{ }\mu\text{m}$) verbessert. Die hohe Hitzebeständigkeit der Werkzeugspitze und die strukturelle Unterstützung der Matrix (Zugfestigkeit $> 1200\text{ MPa}$) gewährleisten Stabilität bei hoher Belastung, und die Ermüdungsbeständigkeit (Lebensdauer $> 10^5$ -fach) ermöglicht eine langfristige, kontinuierliche Bearbeitung. In Kombination mit der Synergiewirkung der hochfesten Matrix aus legiertem Stahl und der Hartmetall-Schneidkomponente gewährleistet der T-Fräser auch unter komplexen Arbeitsbedingungen eine hervorragende Schneidleistung.

4. Leistung und Einflussfaktoren von Hartmetall-T-Fräsern

Als Top-Produkt der CTIA GROUP LTD zeichnen sich T-Fräser aus Hartmetall durch ihre hohe Härte, Verschleißfestigkeit und Schlagzähigkeit aus, die hauptsächlich auf die Materialzusammensetzung und Verarbeitungstechnologie zurückzuführen sind. Wolframkarbid (WC) als Hartphase bietet eine extrem hohe Härte ($\text{HV } 1800\text{--}2200 \pm 30$), während Kobalt (Co) als Bindephase die Zähigkeit des Materials verbessert (Bruchzähigkeit $K_{1c} 12\text{--}16\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$), sodass das Werkzeug auch unter Hochlastbedingungen stabil bleibt. Die Verschleißrate liegt unter $0,05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ und auch die Korrosionsbeständigkeit ist hervorragend (Korrosionsrate $<0,01\text{ mm/Jahr}$). Dies ist auf die synergetische Wirkung von Additiven wie Cr_3C_2 und TaC zurückzuführen, die auch die Oxidationsbeständigkeit des Werkzeugs in Hochtemperaturumgebungen ($>800^{\circ}\text{C}$) verbessern ($>95\%$). Beschichtungstechnologien wie TiAlN oder AlCrN reduzieren den Reibungskoeffizienten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

weiter auf $<0,25 \pm 0,05$ und verbessern so die Hitzebeständigkeit und Lebensdauer deutlich.

Die Lebensdauer von T-Fräsern aus Hartmetall wird von vielen Faktoren beeinflusst. Entscheidend ist vor allem die Geometrie. Breite und Tiefe der T-förmigen Schneide müssen individuell an das Werkstück angepasst werden. Sinnvoller Schnittwinkel (Hauptspanwinkel $10-20 \pm 5^\circ$) und die Schneideform wirken sich direkt auf die Schnittleistung (Energieverbrauch $< 8 \text{ kWh/m}^3$) und die Oberflächengüte ($R_a < 1,6 \mu\text{m}$) aus. Darüber hinaus haben Arbeitsparameter wie Drehzahl, Vorschub und Schnitttiefe einen erheblichen Einfluss auf die Lebensdauer. Zu hohe Parameter können die Lebensdauer um $15 \pm 2\%$ verkürzen, da eine Überlastung den Verschleiß der Schneide und thermische Schäden beschleunigt. Auch Umweltfaktoren dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Hohe Temperaturen ($> 600^\circ\text{C}$) oder unzureichende Kühlmittelzufuhr erhöhen den Verschleiß um $5 \pm 1\%$. Bei der Bearbeitung von Materialien mit hoher Härte (wie z. B. Stahl mit 60 HRC) müssen Kühl- und Schmierstrategien optimiert werden, um die thermische Belastung zu reduzieren. Darüber hinaus wirken sich verschiedene Faktoren im Produktionsprozess von Hartmetallrohlingen stark auf die Leistung aus. Die Partikelgrößenverteilung und die Reinheit des Pulvers sind entscheidend. Eine zu große Partikelgröße oder ein hoher Verunreinigungsgehalt (z. B. Sauerstoffgehalt $> 0,2\%$) führen zu einer Kornvergrößerung und verringern Härte und Festigkeit. Die Gleichmäßigkeit der Mischung wird durch den Kugelmahlprozess gesteuert (Kugelmahlzeit 12–24 Stunden, Medienverhältnis 1:2), um eine gleichmäßige Verteilung von WC und Co sicherzustellen, die sich auf die Dichte des Endmaterials auswirkt ($> 99,9\% \pm 0,1\%$). Der Pressdruck (100–200 MPa) bestimmt direkt die Ausgangsdichte des Rohlings. Unzureichender Druck kann zu erhöhter Porosität führen und den nachfolgenden Sintereffekt beeinträchtigen. Der Sinterprozess (z. B. HIP oder SPS, Temperatur 1400–1500 $^\circ\text{C}$, Haltezeit 0,5–2 Stunden) ist entscheidend für die Korngröße ($0,5-2 \mu\text{m}$) und die Phasenstruktur. Eine zu hohe Sintertemperatur oder eine zu geringe Haltezeit kann Kornwachstum oder Phasenumwandlung verursachen und die Zähigkeit verringern. Die Abkühlrate ($5-10^\circ\text{C/min}$) muss ebenfalls streng kontrolliert werden, um thermische Spannungsrisse zu vermeiden. Die Optimierung dieser Rohlingsherstellungsfaktoren gewährleistet die gleichbleibend hohe Leistung des T-Fräasers der CTIA GROUP LTD in der Praxis.

4.1 Tabelle der Einflussfaktoren

Einflussfaktoren	beschreiben
Geometrisches Design	und Tiefe der T-förmigen Klinge werden individuell angepasst und der Schnittwinkel wird optimiert, was sich auf die Effizienz und Oberflächenqualität auswirkt.
Arbeitsparameter	Drehzahl, Vorschub und Schnitttiefe beeinflussen die Standzeit. Zu hohe Parameter können die Standzeit um $15\% \pm 2\%$ verkürzen.
Umweltfaktoren	Hohe Temperaturen ($> 600^\circ\text{C}$), unzureichende Kühlung oder Materialien mit hoher Härte erhöhen den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$, und die Kühlung muss optimiert werden.
Reinheit Pulverpartikelgröße	der Zu große Partikelgrößen oder Verunreinigungen (z. B. Sauerstoffgehalt $> 0,2\%$) führen zu einer Kornvergrößerung und damit zu einer Verringerung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	der Härte und Festigkeit.
Mischgleichmäßigkeit	Der Kugelmahlprozess (12–24 Stunden, mittleres Verhältnis 1:2) gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung von WC und Co, was sich auf die Dichte auswirkt.
Unterdrückungsdruck	100–200 MPa bestimmen die Ausgangsdichte. Unzureichender Druck erhöht die Porosität und beeinträchtigt den Sintereffekt.
Sinterprozess	HIP/SPS (1400–1500 °C, 0,5–2 Stunden) steuert die Korngröße (0,5–2 μm) und die Phasenstruktur.
Abkühlrate	5–10 °C/min, um thermische Spannungsrisse zu vermeiden und die Materialstabilität zu gewährleisten.

Arten von Hartmetall-T-Fräsern

5. Produktionsprozess

CTIA GROUP LTD setzt bei der Herstellung von T-Fräsern aus Hartmetall auf fortschrittliche und strenge Verfahren, um die hohe Qualität und Konsistenz der Produkte zu gewährleisten. Der Produktionsprozess beginnt mit der Auswahl hochreiner Rohstoffe. CTIA GROUP LTD verwendet im Allgemeinen die Sorten YG10, YG10X und YG12. YG10 (WC 90 %, Co 10 %) bietet hohe Verschleißfestigkeit, YG10X (WC 90 %, Co 10 % + Spurenzusätze) verbessert die Zähigkeit und YG12 (WC 88 %, Co 12 %) ist für hohe Schlagzähigkeit geeignet. Die Rohstoffe sind Wolframpulver, Wolframkarbidpulver (WC, Reinheit > 99,8 %) und Kobaltpulver (Co, Reinheit > 99,5 %). Durch präzise Dosierung wird ein Mischpulver hergestellt. Anschließend wird das Pulver im Nasskugelmahlverfahren gemischt, wobei Hartmetallkugeln als Mahlkörper verwendet werden. Die Kugelmahlzeit beträgt 18–24 Stunden, und das Mediumverhältnis beträgt 1:2, um eine gleichmäßige Pulverpartikelgröße ($D_{50} < 1 \mu\text{m}$) und eine gleichmäßige Mischung zu gewährleisten. Das gemischte Pulver wird sprühgetrocknet, um einen körnigen Rohstoff mit einer Partikelgrößenverteilung von 50–150 μm zu bilden, der eine gute Fließfähigkeit für das anschließende Pressen gewährleistet.

Der Pressvorgang erfolgt mittels kaltisostatischem Pressen (CIP) mit einem Druck von 150–200 MPa und einer Presszeit von 5–10 Minuten. Die Anfangsdichte erreicht den Zielwert von 60–65 % der theoretischen Dichte. Nach dem Pressen wird der Rohling in die Sinterphase mittels heißisostatischem Pressen (HIP) mit einer Sintertemperatur von 1450–1500 °C und einer Haltezeit von 1–2 Stunden geschickt. Der Prozess wird unter Vakuum oder einer Schutzatmosphäre aus hochreinem Argon (Reinheit 99,999 %) durchgeführt, um eine Materialdichte von 99,9 % $\pm$ 0,1 % und eine kontrollierte Korngröße von 0,8–1,2 μm zu gewährleisten. Nach dem Sintern wird der Rohling langsam abgekühlt (5–8 °C/min), um die Wärmespannung zu reduzieren, und anschließend mit CNC-Werkzeugmaschinen feinbearbeitet. Die Klingengeometrie wird durch hochpräzises Schleifen (Toleranz $\pm 0,01 \text{ mm}$) und die Oberflächenrauheit $R_a < 0,4 \mu\text{m}$ geformt. Die Beschichtung wird durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) mit einer TiAlN- oder AlCrN-Schichtdicke von 1–2 μm aufgetragen, die Beschichtungstemperatur wird auf 450–500 °C geregelt.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

und die Bindungsstärke liegt bei >70 MPa. Abschließend wird das Produkt ultraschallgereinigt (Frequenz 40 kHz, Dauer 5 Minuten) und einer Qualitätskontrolle unterzogen, die Dichte ($14,3\text{--}14,9$ g/cm³), Härte (HV 1800–2200 $\pm$ 30), Festigkeit (Biegefestigkeit > 2000 MPa) und zerstörungsfreie Prüfung (Ultraschallprüfung zum Erkennen innerer Defekte) umfasst. Die in derselben Charge hergestellten Prüfstäbe werden im Allgemeinen als Testprodukte verwendet. Qualifizierte Produkte werden vakuumverpackt und mit feuchtigkeits- und stoßfesten Materialien verpackt. Um die Unversehrtheit der Produkte während des Transports sicherzustellen, werden vor der Auslieferung eine Optik- und Etikettenprüfung durchgeführt.

5.1 Produktionsprozessstabelle

Produktion	beschreiben	Technische Parameter
Rohstoffauswahl	Die Inhaltsstoffe werden gemäß den Güteklassen YG10, YG10X und YG12 hergestellt und es werden hochreine WC- und Co-Pulver ausgewählt.	YG10, YG10X, YG12, WC-Reinheit $>99,8\%$, Co-Reinheit $>99,5\%$
Pulvermischung	Das Nasskugelmahlverfahren gewährleistet eine gleichmäßige Partikelgröße.	Kugelmahlzeit 18–24 h, Mediumverhältnis 1:2, D50 $<1\text{ }\mu\text{m}$
Sprühtrocknung	Bilden Sie körnige Rohstoffe und verbessern Sie die Fließfähigkeit.	Partikelgröße 50-150 μm
unterdrücken	Kaltisostatisches Pressen (CIP),	Druck 150–200 MPa, Zeit 5–10 Min., Dichte erreicht $\sim 65\%$.
Sintern	Heißisostatisches Pressen (HIP) Sintern im Vakuum/Argon.	Temperatur 1450–1500 °C, Druckhaltung 1–2 Stunden, Dichte $99,9\% \pm 0,1\%$
Veredelung	CNC-Maschinenbearbeitung, Schleifen und Formen.	Toleranz $\pm 0,01$ mm, Ra $<0,4\text{ }\mu\text{m}$
Beschichtung	Die TiAlN / AlCrN - Beschichtung wird mittels PVD-Technologie aufgetragen.	Dicke 1-2 μm , Temperatur 450-500°C, Verbindungsfestigkeit >70 MPa
Reinigung	Durch Ultraschallreinigung werden Rückstände entfernt.	Frequenz 40 kHz, Dauer 5 min
prüfen	Prüfdichte, Härte, Festigkeit und zerstörungsfreie Prüfung.	Dichte $14,3\text{--}14,9$ g/cm ³ , Härte HV 1800-2200 $\pm$ 30, Biegefestigkeit >2000 MPa, zerstörungsfreie Prüfung (Ultraschall)
Verpackung und Lieferung	Vakuumverpackung, feuchtigkeits- und stoßfest, Etikettenprüfung.	Vakuumgrad $>0,9$ bar, Sichtprüfung vor dem Transport

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6. Anwendung von Hartmetall-T-Fräsern

Als führendes Produkt der CTIA GROUP LTD haben Hartmetall-T-Fräser ihren einzigartigen Wert und ihr breites Anwendungspotenzial in vielen Bereichen unter Beweis gestellt. Im Formenbau werden T-Fräser häufig zur Bearbeitung von präzisen T-Nuten und Bolzenlöchern sowie zur Herstellung von Stanz-, Spritzguss- und Schmiedeformen eingesetzt, um deren hohe Präzision und Langlebigkeit zu gewährleisten. In der mechanischen Bearbeitung, insbesondere im Automobil- und Schwermaschinenbau, werden T-Fräser zur Bearbeitung von Werkzeugmaschinenbetten, Führungsschienen, Verbindungselementen und anderen Komponenten eingesetzt. Ihre effizienten Schneideigenschaften steigern die Produktionseffizienz deutlich. In der Luft- und Raumfahrtindustrie sind T-Fräser aufgrund ihrer hohen Härte und Temperaturbeständigkeit zu wichtigen Werkzeugen für die Bearbeitung von Titanlegierungen, Nickelbasislegierungen und hochfesten Stählen geworden und erfüllen die hohen Präzisionsanforderungen von Flugzeugstrukturteilen und Triebwerkskomponenten. Darüber hinaus werden T-Fräser im Schiffbau und in der Energieanlagenproduktion auch zur Bearbeitung großer Strukturteile und Spezialverbinder eingesetzt, um den Anforderungen komplexer Geometrien und unterschiedlicher Materialien gerecht zu werden. Testdaten aus dem Jahr 2025 zeigen, dass die Effizienz von Standard-T-Fräsern bei der Bearbeitung von kohlenstoffarmem Stahl und Gusseisen 5–10 m³/h erreichen kann, während die Effizienz von verbesserten und beschichteten T-Fräsern bei der Bearbeitung von Materialien in Luftfahrtqualität auf 15–20 m³/h gesteigert werden kann. Diese Anwendungsszenarien verdeutlichen den signifikanten Beitrag der T-Fräser von Chinatungsten Intelligent Manufacturing zur Verbesserung der Bearbeitungsgenauigkeit, Verkürzung der Produktionszyklen und Senkung der Kosten.

Anwendungsgebiete von Hartmetall-T-Fräsern

Anwendungsbereiche	Passend für	Spezifische Verwendung
Formenbau	Standard T-Typ	Bearbeitung von T-Nuten und Bolzenlöchern für Stanz-, Spritzguss- und Schmiedegesenke.
Bearbeitung	Verbesserter T-Typ	Bearbeitung von Werkzeugmaschinenbetten, Führungen und Verbindungen für die Automobil- und Schwermaschinenindustrie.
Luft- und Raumfahrt	Präzisions-T-Typ	Verarbeitung von Titanlegierungen, Nickelbasislegierungen und hochfesten Stählen für Flugzeugstrukturen und Triebwerkskomponenten.
Schiffbau und Energie	Benutzerdefinierter T-Typ	Verarbeiten Sie große Strukturteile und spezielle Verbindungsstücke, um sie an komplexe Geometrien und unterschiedliche Materialien anzupassen.
Grobe Bearbeitungsfläche	Schruppbearbeitung T-Typ	Trägt schnell große Materialmengen ab und eignet sich für die Erstbearbeitung.
Fertigstellung und	T-Typ mit Fase	Das Anfasen von Bearbeitungskanten verbessert die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Montage		Leistung der Werkstückmontage und eignet sich für Präzisionsteile.
Massenproduktion	Mehrklängen-T-Typ	Verbessert die Schneideffizienz und ist für groß angelegte Produktionsaufgaben geeignet.

7. Arten von Hartmetall-T-Fräsern

Typ	Anwendungsbereiche	Spezifische Verwendung
Standard-T-Fräser	Formenbau	Bearbeitung von T-Nuten und Bolzenlöchern für Stanz-, Spritzguss- und Schmiedegesenke.
Verbesserter T-Typ-Fräser	Bearbeitung	Bearbeitung von Werkzeugmaschinenbetten, Führungen und Verbindungen für die Automobil- und Schwermaschinenindustrie.
Präzisions-T-Fräser	Luft- und Raumfahrt	Verarbeitung von Titanlegierungen, Nickelbasislegierungen und hochfesten Stählen für Flugzeugstrukturen und Triebwerkskomponenten.
Kundenspezifischer T-Typ-Fräser	Schiffbau und Energie	Verarbeiten Sie große Strukturteile und spezielle Verbindungsstücke, um sie an komplexe Geometrien und unterschiedliche Materialien anzupassen.
Schruppfräser T-Typ	Grobe Bearbeitungsfläche	Trägt schnell große Materialmengen ab und eignet sich für die Erstbearbeitung.
T-Fräser mit Fase	Fertigstellung und Montage	Das Anfasen von Bearbeitungskanten verbessert die Leistung der Werkstückmontage und eignet sich für Präzisionsteile.
Mehrschneidiger T-Fräser	Massenproduktion	Verbessert die Schneideffizienz und ist für groß angelegte Produktionsaufgaben geeignet.

8. Hartmetall-T-Fräser im Zusammenhang mit nationalen und internationalen Normen

Die von der CTIA GROUP LTD hergestellten Hartmetall-T-Fräser müssen zahlreiche nationale und internationale Normen erfüllen, um ihre Leistungsfähigkeit und Marktwettbewerbsfähigkeit sicherzustellen. Die von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) entwickelte Norm ISO 513 definiert die Klassifizierung und Anwendung von Schneidstoffmaterialien, und T-Fräser müssen die Leistungsanforderungen ihrer Hartmetallmaterialien erfüllen. Die Norm ISO 15641 spezifiziert die geometrischen Parameter und Haltbarkeitsprüfverfahren von Fräsern und dient als Leitfaden für deren Konstruktion und Leistungsbewertung. Die Deutschen Industrienormen (DIN) DIN 844 und DIN 1839 legen Toleranz- und Einbaumaßanforderungen für Fräser fest, die für die Herstellung von T-Fräsern auf dem europäischen Markt geeignet sind. Die vom American National Standards Institute (ANSI) entwickelte Norm ANSI B94.19 spezifiziert die Klassifizierung und Einsatzbedingungen von Fräsern detailliert, um die Kompatibilität von T-Fräsern auf dem nordamerikanischen Markt sicherzustellen. Darüber hinaus legt die Norm JIS B 4120 der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

japanischen Industrienormen (JIS) die Herstellungs- und Prüfspezifikationen für Hartmetallfräser fest und ist auf dem asiatischen Markt weit verbreitet. Die chinesischen nationalen Normen GB/T 16665 und GB/T 5231 spezifizieren die Leistungsfähigkeit von Hartmetallwerkstoffen und die allgemeinen technischen Anforderungen an Schneidwerkzeuge und stellen sicher, dass die von der CTIA GROUP LTD hergestellten T-Fräser internationalen Standards entsprechen. Die kombinierte Wirkung dieser Normen bietet technischen Support für den weltweiten Einsatz der T-Fräser der CTIA GROUP LTD.

Hartmetall-T-Fräser, nationaler und internationaler Standardtisch

Normungsorganisationen	Standard Nr.	Inhalt
ISO	ISO 513	Klassifizierung und Anwendungsanforderungen von Schneidstoffen.
ISO	ISO 15641	Geometrieparameter des Fräasers und Methoden zur Haltbarkeitsprüfung.
LÄRM	DIN 844	Anforderungen an Fräsertoleranzen und Einbaumaße.
LÄRM	DIN 1839	Spezifikationen für die Herstellung und Verwendung von Fräsern.
ANSI	ANSI B94.19	Spezifikation für die Klassifizierung und die Einsatzbedingungen von Fräsern.
JIS	JIS B 4120	Spezifikation für die Herstellung und Prüfung von Hartmetallfräsern.
GB/T	GB/T 16665	Leistungsanforderungen an Hartmetallmaterialien.
GB/T	GB/T 5231	Allgemeine technische Anforderungen an Schneidwerkzeuge.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-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

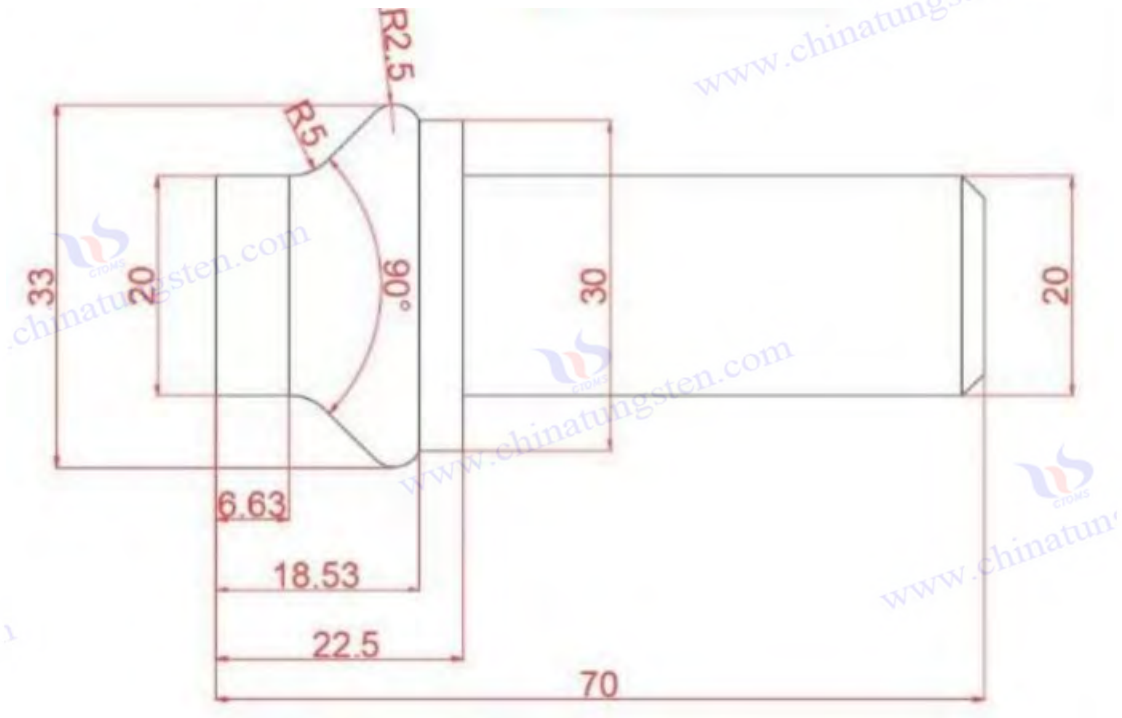
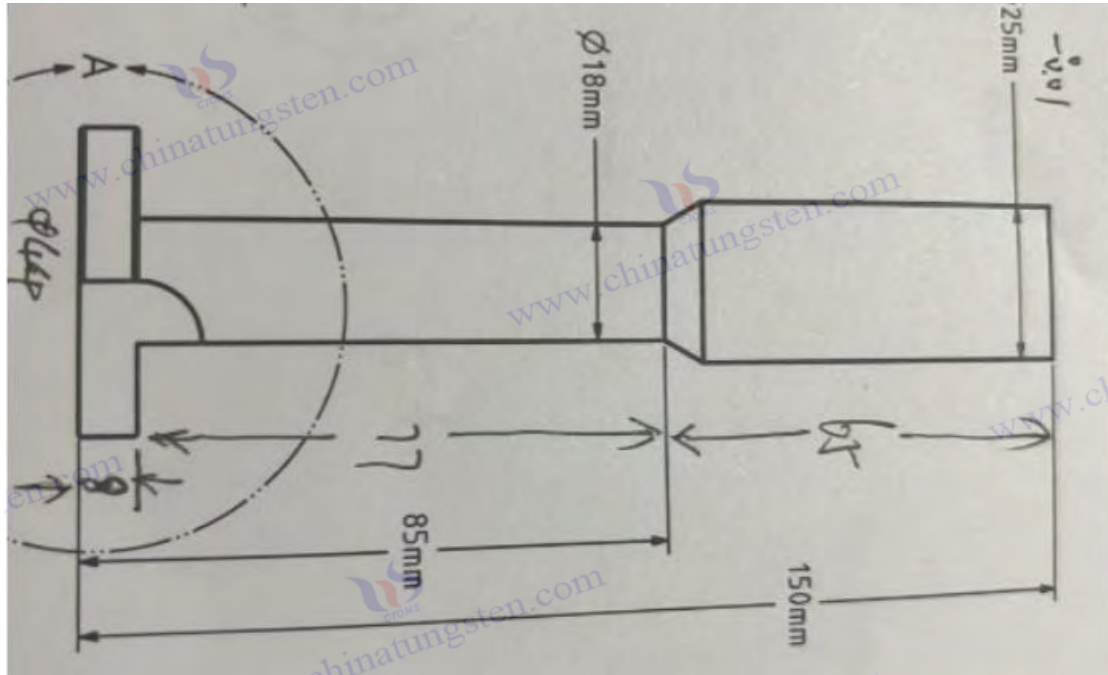
Official website : www.ctia.com.cn



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

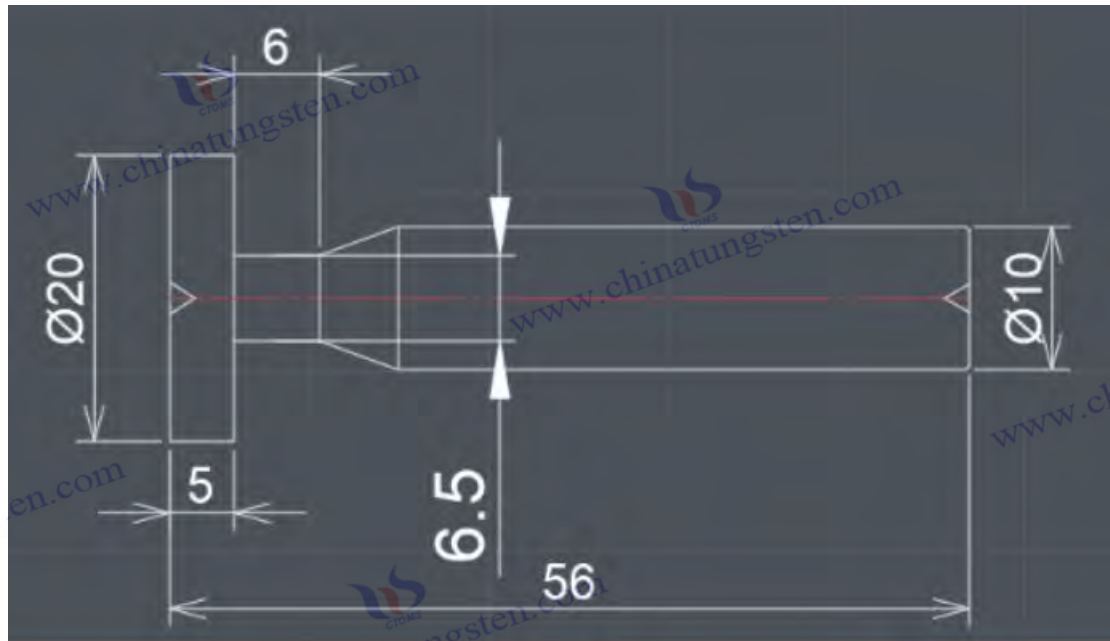
电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

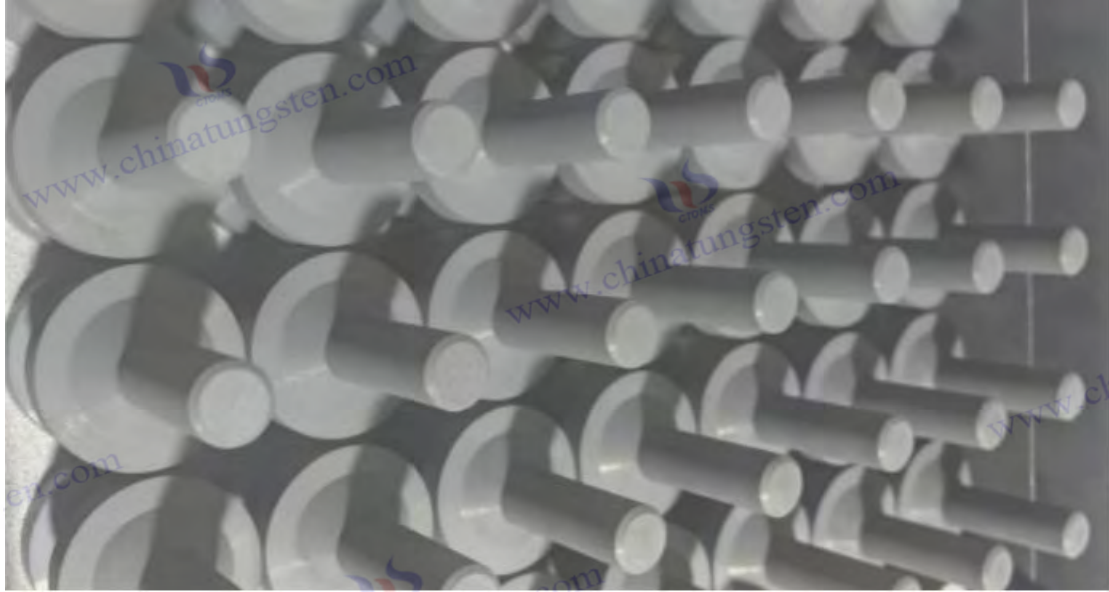


1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

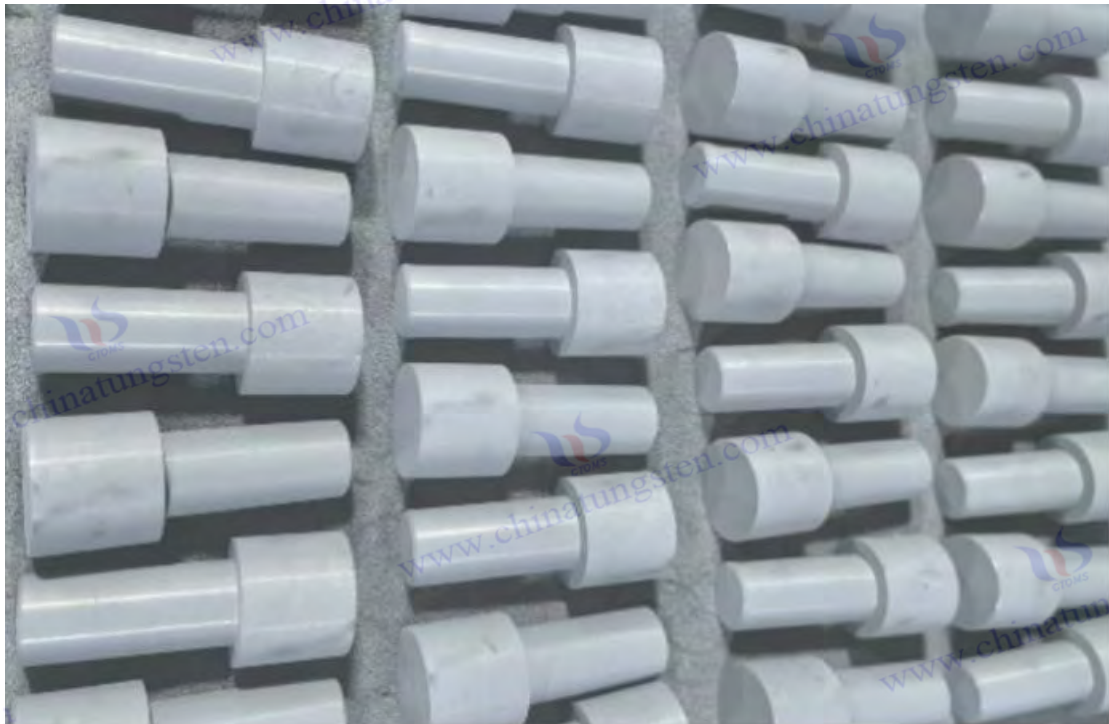


1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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




www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

ISO 513:2012

- Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe

für die spanende Bearbeitung mit definierten Schneiden — Bezeichnung der Hauptgruppen und Anwendungsgebiete

1. Geltungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Klassifizierung und Anwendung harter Schneidstoffe, einschließlich Karbiden, Keramik, Diamant und Bornitrid, für die Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten fest. Die Norm legt den Anwendungsbereich und die Anwendungshinweise für diese Werkstoffe fest, ist jedoch nicht auf andere Anwendungen anwendbar, wie z. B. Bergbau- und andere Schlagwerkzeuge, Drahtziehwerkzeuge, Werkzeuge, die durch Metallverformung arbeiten, Vergleichskontaktspitzen usw.

1.1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für harte Schneidstoffe, die bei spanabhebenden Metallbearbeitungsvorgängen zum Einsatz kommen.

Materialien oder Werkzeuge für nicht-schneidende Zwecke sind nicht im Lieferumfang enthalten.

1.2 Ausschlüsse

Bergbau- und Schlagwerkzeuge.

Drahtziehsteine.

Werkzeuge zur Metallverformung.

Komparator-Kontaktspitze.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

ISO 1832:2017 , *Wendeschneidplatten für Zerspanungswerkzeuge – Bezeichnung* .

ISO 13399-1:2006 , *Darstellung und Austausch von Daten für Zerspanungswerkzeuge – Teil 1: Überblick, Grundlagen und allgemeine Informationen* .

ISO 15641:2014 , *Werkzeuge zum Pressen – Druckfedern mit rechteckigem Querschnitt – Qualität der Federn* .

Hinweis : Die neuesten Versionen der referenzierten Dokumente können nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die offizielle ISO-Website auf aktuelle Informationen zu überprüfen.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Harte Schneidstoffe

Bezieht sich auf Materialien mit hoher Härte und Verschleißfestigkeit, die beim Metallschneiden verwendet werden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Hartmetall, Keramik, Diamant und Bornitrid.

3.2 Spanabfuhr

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Spanabhebender Prozess, bei dem Material aus einem Werkstückwerkstoff mittels eines spanabhebenden Werkzeugs, meist mit definierter Schneide, abgetragen wird.

3.3 Hauptgruppen der Schneidstoffe

Zu den Kategorien harter Schneidstoffe, die nach Materialeigenschaften und Anwendungsgebieten eingeteilt werden, gehören:

Gruppe P: Geeignet für langspanende Werkstoffe wie Stahl.

Gruppe M: Geeignet für mittelspanende Werkstoffe (z. B. Edelstahl).

Gruppe K: Geeignet für kurzspanende Werkstoffe (z. B. Gusseisen).

Gruppe N: Gilt für Nichteisenmetalle und nichtmetallische Werkstoffe.

S-Gruppe: Geeignet für Materialien mit hoher Härte (wie gehärteter Stahl).

3.4 Anwendungsgruppen

Spezifische Anwendungsunterkategorien basierend auf den Materialeigenschaften des Werkstücks und den Bearbeitungsbedingungen.

4. Symbole und Abkürzungen

WC : Wolframkarbid.

Co : Kobalt.

TiN : Titannitrid.

PVD : Physikalische Gasphasenabscheidung.

HV : Vickershärte.

5. Klassifizierung

5.1 Werkstoffklassifizierung

Harte Schneidstoffe werden nach ihrer chemischen Zusammensetzung und ihren physikalischen Eigenschaften in folgende Hauptgruppen eingeteilt:

Hartmetalle : Basierend auf dem WC-Co-System, enthält Spuren von Additiven (wie TiC, TaC).

Keramik : Umfasst Materialien auf Basis von Aluminiumoxid (Al_2O_3) und Siliziumnitrid (Si_3N_4).

Diamant : Natürlich oder synthetisch, geeignet für Nichteisenmetalle.

Bornitrid : Kubisches Bornitrid (cBN), geeignet für Stahl mit hoher Härte.

5.2 Anwendungsklassifizierung

Je nach Werkstückmaterial und Verarbeitungsbedingungen gibt es folgende Anwendungsgruppen:

Gruppe P : Stahl und seine Legierungen (Härte HB 130-250).

Gruppe M : Rostfreie Stähle und hitzebeständige Legierungen.

Gruppe K : Gusseisen und spröde Nichteisenmaterialien.

Gruppe N : Aluminium, Kupfer und deren Legierungen, Thermoplaste.

Gruppe S : Gehärteter Stahl und gehärtetes Gusseisen (Härte HRC 45-65).

6. Technische Voraussetzungen

6.1 Materialeigenschaften

Härte : HV 1500–2500 (je nach Materialtyp).

Bruchzähigkeit : $K_{IC} \geq 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Hitzebeständigkeit : $\geq 800 \text{ }^\circ\text{C}$ (nach Beschichtungsverstärkung).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 Geometrische Parameter

Schneidenwinkel: Hauptspanwinkel 5° – 20° .

Sekundärer Ablenkwinkel: 0° – 10° .

Spitzenradius: 0,1–1,0 mm.

6.3 Anforderungen an die Beschichtung

Optionale Beschichtungen: TiN, TiAlN, AlCrN.

Schichtdicke: 0,5–5 μm .

Haftfestigkeit: $> 70 \text{ MPa}$.

7. Testmethoden

7.1 Härteprüfung

Geprüft mit einem Vickers-Härteprüfgerät gemäß ISO 6507-1.

7.2 Abriebfestigkeitsprüfung

Bei einem Standard-Schneidtest wurde eine Verschleißbandbreite (VB) von $< 0,3 \text{ mm}$ gemessen (Schneiden für 30 Min.).

7.3 Bruchzähigkeitsprüfung

Getestet mit der Single Edge Notched Beam (SENB)-Methode gemäß ISO 28079.

8. Kennzeichnung und Verpackung

8.1 Logo

Produkte sollten mit der Materialgruppe (z. B. P20, M15) und dem Logo des Herstellers gekennzeichnet sein.

Beispiel: P20-TiAlN-10mm.

8.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Qualitätszertifikat mit Angabe der Chargennummer und der Prüfdaten geliefert.

9. Inspektionsregeln

9.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und Reinheit des Rohmaterials.

9.2 Werksinspektion

Dichte-, Härte- und Biegefestigkeitstests.

Zerstörungsfreie Prüfung (Ultraschall).

10. Bewerbungsrichtlinien

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit: 50–300 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschub: 0,1–0,5 mm/U.

Schnitttiefe: 0,5–5 mm.

10.2 Kühlung und Schmierung

Es wird empfohlen, Schneidflüssigkeit mit einer Durchflussrate $\geq 10 \text{ l/min}$ zu verwenden.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie eine längere Einwirkung hoher Temperaturen, um ein Ablösen der Beschichtung zu verhindern.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Referenztabelle für Materialeigenschaften

Materialtyp	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m ^{1/2})	Hitzebeständigkeit (°C)
Hartmetall	1500-1800	10-15	800
Keramik	1800-2200	3-6	1000
Diamant	8000-10000	5-10	600
Bornitrid	3000-4000	6-12	1200

Anhang B (normativ) – Gruppencodetabelle

Gruppen	Werkstückstoff	Empfohlene Materialien
P	Stahl (HB 130-250)	Hartmetall (P20)
M	Edelstahl	Hartmetall (M15)
K	Gusseisen	Hartmetall (K20)
N	Aluminium, Kupfer	Diamant
S	Gehärteter Stahl (HRC 45-65)	Bornitrid

13. Index

Harte Schneidstoffe

Spanabfuhr

Materialklassifizierung

Anwendungsgruppe

Testmethode

14. Impressum

Erscheinungsdatum : 15. Oktober 2012.

Datum des Inkrafttretens : 1. November 2012.

Instandhaltungsorganisation : ISO/TC 29/SC 9 (Werkzeuge mit Schneiden aus harten Schneidstoffen).

Sprachen : Englisch, Französisch.

Vorsichtsmaßnahmen

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen und Branchenpraktiken der ISO 513:2012. Für bestimmte technische Details (wie z. B. genaue Gruppencodes oder Prüfparameter) ist möglicherweise ein Verweis auf den offiziellen Normtext erforderlich.

Offizielle Vollversionen erhalten Sie von der offiziellen ISO-Website oder von autorisierten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Distributoren (wie ANSI oder DIN).



ISO 15641:2014

Schneidwerkzeuge – Fräser – Geometrische Parameter und Prüfverfahren für die Haltbarkeit

1. Geltungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Definition der geometrischen Parameter, Messverfahren und Haltbarkeitsprüfverfahren für Fräser (einschließlich, aber nicht beschränkt auf Schaftfräser, Planfräser und T-Fräser) fest, die in der Metallzerspanung eingesetzt werden. Diese Norm gilt für Fräser aus harten Schneidstoffen (wie Hartmetall, Keramik und superharten Werkstoffen) mit definierten Schneidkanten, um deren gleichbleibende Leistung unter verschiedenen Bearbeitungsbedingungen sicherzustellen. Diese Norm gilt nicht für spanlose Werkzeuge oder Anwendungen in der Nichtmetallzerspanung.

1.1 Geltungsbereich

Geeignet für alle Arten von Fräsern wie Schaftfräser, Planfräser, T-Fräser usw.

Umfasst die Gestaltung geometrischer Parameter und Haltbarkeitstests.

1.2 Ausschlüsse

Nichtschneidende Werkzeuge (z. B. Schleifwerkzeuge).

Werkzeuge zur Bearbeitung nichtmetallischer Werkstoffe.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

ISO 513:2012 , Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die spanende Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten .

ISO 3002-1:1982 , Grundgrößen beim Trennen und Schleifen – Teil 1: Geometrie des aktiven Teils von Schneidwerkzeugen .

ISO 8688-1:1989 , Standzeitprüfung beim Fräsen – Teil 1: Planfräsen .

ISO 13399-1:2006 , Darstellung und Austausch von Daten für Zerspanungswerkzeuge – Teil 1: Überblick, Grundlagen und allgemeine Informationen .

Hinweis : Die neuesten Versionen der referenzierten Dokumente können nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die offizielle ISO-Website auf aktuelle Informationen zu überprüfen.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Fräser

Ein rotierendes Schneidwerkzeug mit mehreren Schneidkanten zum Bearbeiten von Werkstückmaterial durch Spanabnahme.

3.2 Geometrische Parameter

Eigenschaften, die die Form und Größe des Schneidteils eines Fräasers beschreiben, einschließlich Ablenkwinkel, Eckenradius und Spiralwinkel.

3.3 Haltbarkeit

Die Standzeit eines Fräasers wird unter vorgegebenen Schnittbedingungen üblicherweise in der Schnittzeit oder der Anzahl der bearbeiteten Werkstücke gemessen.

3.4 Flankenverschleißbreite (VB)

Ein Maß für den Flankenverschleiß einer Schneide, das zur Beurteilung der Haltbarkeit verwendet wird.

4. Symbole und Abkürzungen

κ : Spanwinkel.

κ' : Sekundärer Spanwinkel.

r_E : Eckenradius.

VB : Flankenverschleißbreite.

V_c : Schnittgeschwindigkeit (m/min).

f_n : Vorschubgeschwindigkeit (Vorschub pro Zahn, mm/Zahn).

5. Klassifizierung

5.1 Fräserarten

Schaftfräser : Für Seiten- und Planschnitte.

Planfräser : Wird zur Bearbeitung ebener Flächen verwendet.

T-Fräser : speziell für die T-Nut-Bearbeitung verwendet.

5.2 Werkstoffklassifizierung

Hartmetall (auf WC-Co-Basis).

Keramik (Al_2O_3 , Si_3N_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

Superharte Materialien (Diamant, cBN).

6. Technische Voraussetzungen

6.1 Geometrische Parameter

Hauptablenkwinkel (κ_r) : 5° – 20° .

Sekundärer Ablenkwinkel (κ') : 0° – 10° .

Werkzeugspitzenradius (r_ϵ) : 0,1–1,5 mm.

Spiralwinkel : 15° – 45° (je nach Verarbeitungsanforderungen).

6.2 Anforderungen an die Haltbarkeit

Standardhaltbarkeit: Schneiden 30 Min., $VB \leq 0,3$ mm.

Hohe Haltbarkeit: Schneiden für 60 Min., $VB \leq 0,2$ mm.

7. Testmethoden

7.1 Messung geometrischer Parameter

Werkzeuge : Optisches Mikroskop oder Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01$ mm.

Referenzstandard : Gemäß ISO 3002-1.

7.2 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Testbedingungen :

Werkstückstoff: Stahl (HB 200).

Schnittgeschwindigkeit (V_c): 100-200 m/min.

Vorschub (f_n): 0,1–0,3 mm/Zahn.

Schnitttiefe (a_p): 1-3 mm.

Testverfahren :

Montieren Sie den Fräser an der Prüfmaschine.

Kontinuierliches Schneiden nach vorgegebenen Parametern.

VB wurde alle 10 Minuten gemessen.

Die Lebensdauer wurde aufgezeichnet, bis VB 0,3 mm erreichte.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

7.3 Datenaufzeichnung

Notieren Sie Schnittzeit, VB-Wert und Fehlermodus (Absplitterung, Verschleiß usw.).

8. Kennzeichnung und Verpackung

8.1 Logo

Geben Sie den Fräser typ (z. B. T20), die Materialgruppe (z. B. P20) und die Größe (z. B. $\phi 10$ mm) an.

Beispiel: T20-P20- $\phi 10$ mm.

8.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Prüfbericht mit geometrischen Parametern und Haltbarkeitsdaten geliefert.

9. Inspektionsregeln

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

9.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und geometrischen Parameter des Rohmaterials.

9.2 Werksinspektion

Messung geometrischer Parameter.

Haltbarkeitsprüfung (Stichprobenprüfung).

10. Bewerbungsrichtlinien

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit (Vc) : 50–300 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05–0,5 mm/Zahn.

Schnitttiefe (ap) : 0,5–5 mm.

10.2 Kühlung und Schmierung

Es wird empfohlen, Schneidflüssigkeit mit einer Durchflussrate ≥ 10 l/min zu verwenden.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie eine Überhitzung des Werkzeugs beim Hochgeschwindigkeitsschneiden.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Referenztafel für geometrische Parameter

Parameter	Umfang	Bemerkung
Hauptablenkwinkel (κ_r)	5°-20°	Anpassung an das Werkstück
Sekundärer Ablenk Winkel (κ'_r)	0°-10°	Stabiles Schneiden
Werkzeugspitzenradius (r_e)	0,1-1,5 mm	Reduzieren Sie die Stresskonzentration

Anhang B (normativ) – Tabelle der Haltbarkeitstestbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/min)	Vorschub (fn, mm/Zahn)	Schnitttiefe (ap, mm)
Stahl (HB 200)	100-200	0,1-0,3	1-3
Gusseisen	80-150	0,2-0,4	2-4
Edelstahl	60-120	0,1-0,2	1-2

13. Index

Fräser

Geometrische Parameter

Haltbarkeitstests

Schnittbedingungen

14. Impressum

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Erscheinungsdatum : 15. Juni 2014.

Datum des Inkrafttretens : 1. Juli 2014.

Instandhaltungsorganisation : ISO/TC 29/SC 9 (Werkzeuge mit Schneiden aus harten Schneidstoffen).

Sprachen : Englisch, Französisch.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Deutsche Industrienorm DIN 844:1987

DIN 844:1987 –

Fräser mit Zylinderschaft – Maße

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt die Maße, Toleranzen und Einbauanforderungen für Fräser mit Zylinderschaft fest, die für Schaftfräser, Planfräser und T-Fräser gelten. Die Norm definiert Schaftdurchmesser, Schneidabschnittslänge und Einbautoleranzen des Fräasers, um die Kompatibilität mit der Werkzeugmaschinen-spindel und dem Spannsystem sicherzustellen. Diese Norm gilt für Fräser aus Hartmetall (WC-Co), Schnellarbeitsstahl (HSS) und anderen Schneidstoffen, schließt jedoch nicht standardmäßige Fräser für spezielle Zwecke aus.

1.1 Geltungsbereich

Für Schaftfräser, Planfräser und T-Fräser mit Zylinderschaft.

Behandelt Abmessungen, Toleranzen und Installationsanforderungen.

1.2 Ausschlüsse

Fräser für spezielle Zwecke oder nicht standardmäßige Ausführungen.

Fräser mit Kegel- oder Weldonschaft (vgl. DIN 1835).

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

DIN 13-1:1999 , *Metrisches ISO-Allzweckgewinde – Toleranzen* .

DIN 6885-1:2003 , *Verbindungselemente mit Antrieb ohne Kegelwirkung; Passfedern, Passfedernuten, tiefes Muster* .

ISO 513:2012 , *Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die spanende Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten* .

ISO 3002-1:1982 , *Grundgrößen beim Trennen und Schleifen – Teil 1: Geometrie des aktiven Teils von Schneidwerkzeugen* .

Hinweis : Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die offizielle DIN-Website auf aktuelle Informationen zu prüfen.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Zylinderschaft

Fräser dienen zum Spannen zylindrischer Teile und sind auf die Spannfutter oder Spannvorrichtungen von Werkzeugmaschinen abgestimmt.

3.2 Toleranz

Der zulässige Abweichungsbereich der Fräsergröße gewährleistet die Kompatibilität mit Werkzeugmaschinen und die Bearbeitungsgenauigkeit.

3.3 Einbaumaße

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Bezieht sich auf Griffdurchmesser, Länge und passende Maße zum Klemmsystem.

4. Symbole und Abkürzungen

d : Schaftdurchmesser, mm.

l : Gesamtlänge (mm).

l1 : Schnittlänge (mm).

h6 : Toleranzklasse (gemäß DIN 668).

H7 : Toleranzklasse (gemäß DIN 668).

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Größenanforderungen

Schaftdurchmesser (d) : 3 mm bis 25 mm, Standardwerte sind 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 mm.

Gesamtlänge (l) : Je nach Durchmesser zwischen 40 mm und 150 mm.

Schneidteillänge (l1) : abhängig vom Fräser typ, üblicherweise 1,5 bis 3 mal d.

5.2 Toleranzanforderungen

Schaftdurchmessertoleranz : h6 (3-6 mm Durchmesser) oder h7 (8-25 mm Durchmesser) gemäß DIN 668.

h6: $\pm 0,000/-0,006$ mm (3-6 mm).

h7: $\pm 0,000/-0,010$ mm (8-25 mm).

Längentoleranz : $\pm 0,2$ mm (l und l1).

Koaxialitätstoleranz : 0,01 mm (über die gesamte Länge).

5.3 Installationsvoraussetzungen

Spannpassung : Die Passungstoleranz zwischen Schaft und Spannzange bzw. Spannmittel beträgt H7/s6.

Oberflächenrauheit : Schaft $Ra \leq 0,8 \mu m$, Schneidteil $Ra \leq 1,6 \mu m$.

Härte : Schaft HRC 40-50, Schneidteil je nach Material (z. B. Hartmetall HV 1500-1800).

6. Testmethoden

6.1 Dimensionsmessung

Werkzeuge : Messschieber oder Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01$ mm.

Bezugsnorm : Gemäß DIN 13-1.

6.2 Toleranzüberprüfung

Methode : Überprüfen Sie die Schaftdurchmesser- und Längentoleranzen mit Standardmessgeräten.

Koaxialitätstest : Verwenden Sie ein Rotationsrheometer, um die Koaxialität über die gesamte Länge zu messen.

7. Kennzeichnung und Verpackung

7.1 Logo

Geben Sie Fräser typ (z. B. A, B), Durchmesser (d), Länge (l) und Material (z. B. HSS) an.

Beispiel: DIN 844-A-10-60-HSS.

7.2 Verpackung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.
Wird mit einem Prüfbericht zu Abmessungen und Toleranzen geliefert.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Größe und Härte des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Schaftdurchmesser, Länge und Koaxialitätsmessungen.

Stichprobenartige Prüfung des Klemmsitzes.

9. Bewerbungsrichtlinien

9.1 Installationsempfehlungen

Achten Sie darauf, dass die Spannzange zum Schaftdurchmesser passt, eine hydraulische oder einziehbare Klemmung wird empfohlen.

Reinigen Sie die Griffoberfläche vor der Montage.

9.2 Schnittparameter

Schnittgeschwindigkeit: 50–200 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschub: 0,1–0,3 mm/U.

10. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie beim Betrieb eine Schutzbrille.

Vermeiden Sie ein zu festes Anziehen oder zu festes Lösen, um ein Herunterfallen des Werkzeugs zu verhindern.

11. Anhang

Anhang A (informativ) – Maß- und Toleranztabellen

Schaftdurchmesser (d, mm)	Toleranzklasse	Gesamtlänge (l, mm)	Schnittlänge (l1, mm)	Koaxialität (mm)
3	h6	40	6	0,01
6	h6	50	12	0,01
10	h7	70	20	0,01
16	h7	100	40	0,01
25	h7	150	75	0,01

Anhang B (normativ) – Installationstabellen

Schaftdurchmesser (d, mm)	Spannzangentoleranz	Übereinstimmungstyp
3–6	H7/s6	Übergangspassform
8–25	H7/s6	Übergangspassform

12. Index

Zylinderschaftfräser

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Toleranz
Einbaumaße
Testmethode

13. Impressum

Erscheinungsdatum : 1. Mai 1987.

Datum des Inkrafttretens : 1. Juni 1987.

Betreuer : Deutsches Institut für Normung (DIN).

Sprachen : Deutsch, Englisch.

Deutsche Industrienorm DIN 1839:1990

DIN 1839:1990

Fräser – Herstellungs- und Anwendungsspezifikationen

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt den Herstellungsprozess, die Qualitätskontrolle und die Einsatzbedingungen von Fräsern (einschließlich Schaftfräsern, Planfräsern und T-Fräsern) fest und gilt für Fräser aus Hartmetall (WC-Co), Schnellarbeitsstahl (HSS) und anderen Schneidstoffen. Diese Norm soll die Fertigungskonsistenz, die Anwendungssicherheit und die Kompatibilität von Fräsern mit Werkzeugmaschinen systemen gewährleisten. Sie gilt nicht für nicht spanende Werkzeuge oder nicht standardisierte Fräser für spezielle Zwecke.

1.1 Geltungsbereich

Geeignet für die Herstellung und Verwendung von Schaftfräsern, Planfräsern und T-Fräsern.

Behandelt Herstellungsverfahren, Nutzungsbedingungen und Sicherheitsanforderungen.

1.2 Ausschlüsse

Nichtschneidende Werkzeuge (z. B. Schleifwerkzeuge).

Fräser für spezielle Zwecke oder nicht standardmäßige Ausführungen.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

DIN 844:1987 , *Fräser mit Zylinderschaft – Maße* .

DIN 13-1:1999 , *Metrisches ISO-Allzweckgewinde – Toleranzen* .

ISO 513:2012 , *Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die spanende Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten* .

ISO 8688-1:1989 , *Standzeitprüfung beim Fräsen – Teil 1: Planfräsen* .

Hinweis : Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die offizielle DIN-Website auf aktuelle Informationen zu prüfen.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Fräser

Ein rotierendes Schneidwerkzeug mit mehreren Schneidkanten zum Bearbeiten von Werkstückmaterial durch Spanabnahme.

3.2 Herstellungsprozess

Die Verarbeitungsschritte von der Rohmaterialaufbereitung bis zum fertigen Fräser umfassen Pulvermetallurgie, Sintern und Beschichten.

3.3 Anwendungsbedingungen

Schnittparameter, Kühlanforderungen und Wartungsvorschriften von Fräsern während der Bearbeitung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

4. Symbole und Abkürzungen

d : Schaftdurchmesser, mm.

l : Gesamtlänge (mm).

Vc : Schnittgeschwindigkeit (m/min).

fn : Vorschubgeschwindigkeit (Vorschub pro Zahn, mm/Zahn).

PVD : Physikalische Gasphasenabscheidung.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Herstellungsanforderungen

Materialauswahl :

Hartmetall: WC-Gehalt 88–92 %, Co-Gehalt 6–12 %.

Schnellarbeitsstahl: HSS-E (kobalthaltig) Härte HRC 62-66.

Herstellungsverfahren :

Pulvermetallurgie: Kugelmahlzeit 12–24 h, Pressdruck 150–200 MPa.

Sintern: Temperatur 1350–1450 °C, Druckhaltung 1–2 h.

Beschichtung: PVD TiAlN, Dicke 1–3 µm.

Oberflächenrauheit : Schneidteil $Ra \leq 1,6 \mu\text{m}$, Schaft $Ra \leq 0,8 \mu\text{m}$.

5.2 Nutzungsvoraussetzungen

Schnittdaten :

Schnittgeschwindigkeit (Vc): 50–300 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschub (fn): 0,05–0,5 mm/Zahn.

Schnitttiefe: 0,5–5 mm.

Kühlung : Schneidflüssigkeit wird empfohlen, Durchflussrate $\geq 10 \text{ l/min}$.

6. Herstellungsprozess

6.1 Rohstoffaufbereitung

Es wurden hochreines WC-Pulver (Reinheit > 99,8 %) und Co-Pulver (Reinheit > 99,5 %) verwendet.

Partikelgrößenkontrolle: $D_{50} < 1 \mu\text{m}$.

6.2 Verarbeitungsablauf

Pressen : Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 150–200 MPa.

Sintern : Heißisostatisches Pressen (HIP), Temperatur 1350–1450 °C.

Endbearbeitung : CNC-Schleifen, Toleranz $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Beschichtung : PVD-Verfahren, Temperatur 450–500 °C.

6.3 Qualitätskontrolle

Dichte: 14,0–14,9 g/cm³.

Härte: HV 1500–1800 (Hartmetall).

7. Anwendungsspezifikationen

7.1 Installation

Achten Sie auf die Passung des Schaftes zur Spannzange, Toleranzen nach DIN 844 h6/h7.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Reinigen Sie den Griff vor der Installation.

7.2 Wartung

Überprüfen Sie regelmäßig die Verschleißbandbreite (VB), Austauschstandard $VB > 0,3 \text{ mm}$.

Vermeiden Sie Trockenschnitte, die länger als 10 Minuten dauern.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und Reinheit des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Maße, Toleranzen und Härteprüfung.

Haltbarkeitsprüfung (Stichprobenentnahme) gemäß ISO 8688-1.

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Geben Sie Typ (z. B. T), Durchmesser (d), Länge (l) und Material an.

Beispiel: DIN 1839-T-10-60-HM.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Herstellungs- und Prüfzertifikat geliefert.

10. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Überlastungsschnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

11. Anhang

Anhang A (informativ) – Tabelle der Herstellungsprozessparameter

Prozessschritte	Parameterbereich	Bemerkung
Kugelmahlen	12-24 h, mittleres Verhältnis 1:2	Einheitlichkeit gewährleisten
unterdrücken	150-200 MPa	Anfangsdichte 60%-65%
Sintern	1350-1450°C, 1-2 h	Dichte > 99,9 %
Beschichtung	1-3 µm, 450-500°C	TiAlN-Beschichtung

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (m/min)	(Vc, Vorschub mm/Zahn)	(fn, Schnitttiefe (mm))
Stahl (HB 200)	100-200	0,1-0,3	1-3
Gusseisen	80-150	0,2-0,4	2-4
Edelstahl	60-120	0,1-0,2	1-2

12. Index

Fräser

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Herstellungsprozess
Nutzungsrichtlinien
Sicherheitsanforderungen

13. Impressum

Veröffentlichungsdatum : 1. März 1990. **Datum des Inkrafttretens** : 1. April 1990.

Betreuer : Deutsches Institut für Normung (DIN).

Sprachen : Deutsch, Englisch.

Amerikanischer Nationalstandard
ANSI B94.19-1997 (R2019) –
Fräser und Schaftfräser

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt die Klassifizierung, Abmessungen, Toleranzen und Einsatzbedingungen von einteiligen Fräsern und Schaftfräsern aus Schnellarbeitsstahl fest, die für verschiedene Fräsvorgänge in der Metallzerspanung geeignet sind. Die Norm enthält allgemeine Definitionen, Größenbereiche und Toleranzanforderungen und gibt Hinweise zu den Einsatzbedingungen, um die Leistung und Sicherheit von Fräsern in verschiedenen Werkstückmaterialien und Verarbeitungsumgebungen zu gewährleisten. Diese Norm gilt nicht für Fräser, die nicht einteilig konstruiert sind oder für nichtmetallische Schneidzwecke verwendet werden.

1.1 Geltungsbereich

Für einteilige Fräser und Schaftfräser aus Schnellarbeitsstahl.

Umfasst Klassifizierung, Abmessungen, Toleranzen und Verwendungsbedingungen.

1.2 Ausschlüsse

Fräser mit nicht integraler Konstruktion.

Nichtmetallische Schneidanwendungen.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

ANSI B5.10-1994 , *Maschinenkegel* .

ISO 513:2012 , *Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die spanende Metallzerspanung mit definierten Schneiden* .

ISO 8688-1:1989 , *Standzeitprüfung beim Fräsen – Teil 1: Planfräsen* .

Hinweis : Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die offizielle ANSI-Website auf aktuelle Informationen zu überprüfen.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Fräser

Ein rotierendes Schneidwerkzeug mit mehreren Schneidkanten zum Bearbeiten von Werkstückmaterial durch Spanabnahme.

3.2 Schaftfräser

Ein Fräser mit Schneidkanten an der Stirnseite und am Umfang, der axiale und radiale Schnitte ausführen kann.

3.3 Anwendungsbedingungen

Schnittparameter, Kühlanforderungen und Wartungsvorschriften von Fräsern während der Bearbeitung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Symbole und Abkürzungen

d : Durchmesser (mm).

l : Gesamtlänge (mm).

Vc : Schnittgeschwindigkeit (m/min).

fn : Vorschubgeschwindigkeit (Vorschub pro Zahn, mm/Zahn).

HSS : Schnellarbeitsstahl.

5. Klassifizierung

5.1 Fräsertypen

Schaftfräser : Umfasst Schaftfräser mit flachem Boden, Schaftfräser mit Kugelkopf und Winkelfräser.

Planfräser : Wird für die Bearbeitung ebener Flächen verwendet und in Schrapp- und Schlichtfräser unterteilt.

Nutenfräser : einschließlich T-Nutenfräser und Keilnutenfräser.

5.2 Größenklassifizierung

Durchmesserbereich : 3 mm bis 50 mm, Standardwerte sind 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50 mm.

Längenbereich : 40 mm bis 200 mm, abgestuft nach Durchmesser.

5.3 Toleranzklassifizierung

Durchmessertoleranz: h6 (3-6 mm) oder h7 (8-50 mm).

Längentoleranz: $\pm 0,2$ mm.

6. Anwendungsspezifikationen

6.1 Schnittparameter

Schnittgeschwindigkeit (Vc) :

Stahl (HB 200): 20-50 m/min.

Gusseisen: 30-70 m/min.

Aluminiumlegierung: 100-300 m/min.

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05-0,3 mm/Zahn.

Schnitttiefe : 0,5-5 mm (je nach Fräserdurchmesser angepasst).

6.2 Kühlung und Schmierung

Es wird empfohlen, Schneidflüssigkeit mit einer Durchflussrate ≥ 10 l/min zu verwenden.

Der Trockenschnitt eignet sich für leichte Bearbeitungen und dauert nicht länger als 10 Minuten.

6.3 Werkstückstoffanpassung

Gruppe P : Stahl und seine Legierungen (Härte HB 130-250).

Gruppe K : Gusseisen und spröde Nichteisenmaterialien.

Gruppe N : Aluminium, Kupfer und deren Legierungen.

6.4 Wartungsanforderungen

Überprüfen Sie regelmäßig die Verschleißbandbreite (VB), Ersatzstandard $VB > 0,3$ mm.

Vermeiden Sie Überlastungsschnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. Technische Voraussetzungen

7.1 Materialeigenschaften

Härte : HRC 62-66 (HSS).

Hitzebeständigkeit : $\leq 600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.2 Geometrische Parameter

Hauptablenkwinkel : 5° - 15° .

Spitzenradius : 0,1–1,0 mm.

8. Testmethoden

8.1 Dimensionale Messung

Werkzeuge : Messschieber oder Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01\text{ mm}$.

8.2 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Bedingungen : Stahl (HB 200), V_c 30 m/min, f_n 0,1 mm/Zahn, a_p 2 mm.

Vorgehensweise : 30 Minuten lang kontinuierlich schneiden und VB messen.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Geben Sie den Typ (z. B. EM), den Durchmesser (d) und die Länge (l) an.

Beispiel: ANSI B94.19-EM-10-60.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit Größen- und Haltbarkeitstestbericht geliefert.

10. Inspektionsregeln

10.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und Größe des Rohmaterials.

10.2 Werksinspektion

Maß-, Toleranz- und Haltbarkeitsprüfung (Stichproben).

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie eine Überhitzung des Werkzeugs beim Hochgeschwindigkeitsschneiden.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Klassifizierungs- und Größentabellen

Typ	Durchmesserbereich (mm)	Längenbereich (mm)	Toleranzklasse
Schaftfräser	3-25	40-150	h6/h7
Planfräser	10-50	50-200	h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

T-Nutenfräser	6-32	50-150	h6/h7

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/min)	Vorschub (fn, mm/Zahn)	Schnitttiefe (mm)
Stahl (HB 200)	20-50	0,05-0,2	1-3
Gusseisen	30-70	0,1-0,3	2-4
Aluminiumlegierung	100-300	0,1-0,5	1-5

13. Index

Fräser
Schaftfräser
Einstufung
Nutzungsbedingungen

14. Impressum

Erscheinungsdatum : 20. März 1997.

Letztes bestätigtes Datum : 2019.

Verwaltet von : American National Standards Institute (ANSI).

Sprache : Englisch.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Japanische Industrienormen

JIS B 4120:2000

Fräser mit Hartmetallplatten - Herstellungs- und Prüfvorschriften

— Herstellungs- und Prüfvorschriften

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt den Herstellungsprozess, die Qualitätskontrolle und die Prüfmethode für Hartmetallfräser (einschließlich Schaftfräser, Planfräser und Nutfräser) fest und gilt für Hartmetallwerkstoffe (z. B. auf WC-Co-Basis) in der Metallzerspanung. Diese Norm dient der Gewährleistung der Fertigungskonsistenz, der Schneidleistung und der Sicherheit von Fräsern und gilt nicht für Nicht-Hartmetallwerkstoffe oder Werkzeuge für nicht spanende Zwecke.

1.1 Geltungsbereich

Für Schaftfräser, Planfräser und Schlitzfräser aus Hartmetall.

Deckt Herstellungsprozesse, Qualitätskontrolle und Testvoraussetzungen ab.

1.2 Ausschlüsse

Fräser aus Nicht-Hartmetall-Werkstoffen.

Werkzeuge für nicht-schneidende Zwecke.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

JIS B 4104:1995, *Hartmetallwerkzeuge – Allgemeine Regeln*.

ISO 513:2012, *Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die spanende Metallzerspanung mit definierten Schneiden*.

ISO 8688-1:1989, *Standzeitprüfung beim Fräsen – Teil 1: Planfräsen*.

Hinweis: Die neuesten Versionen der referenzierten Dokumente können nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die offizielle JIS-Website auf aktuelle Informationen zu überprüfen.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Hartmetallfräser

Fräser aus Hartmetall auf Wolframkarbidbasis (WC) eignen sich zum Schneiden von Werkstücken mit hoher Härte.

3.2 Herstellungsprozess

Die Verarbeitungsschritte von der Rohmaterialaufbereitung bis zum fertigen Fräser umfassen Pulvermetallurgie, Sintern und Beschichten.

3.3 Prüfmethode

Standardisiertes experimentelles Verfahren zur Bewertung der Leistung und Haltbarkeit von Fräsern.

4. Symbole und Abkürzungen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-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 : Durchmesser (mm).
l : Gesamtlänge (mm).
Vc : Schnittgeschwindigkeit (m/min).
VB : Flankenverschleißbreite (mm).
WC : Wolframkarbid.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Materialeigenschaften

Härte : HV 1500-1800.

Bruchzähigkeit : $K_{IC} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Dichte : 14,0-14,9 g/cm³.

5.2 Geometrische Parameter

Hauptablenkwinkel : 5°-20°.

Spitzenradius : 0,1–1,0 mm.

Spiralwinkel : 15°–45° (je nach Anwendung angepasst).

5.3 Anforderungen an die Beschichtung

Optionale Beschichtung: TiN, TiAlN, Dicke 1–3 µm.

Haftfestigkeit: > 70 MPa.

6. Herstellungsprozess

6.1 Rohstoffaufbereitung

Es wurden hochreines WC-Pulver (Reinheit > 99,8 %) und Co-Pulver (Reinheit > 99,5 %) verwendet.

Partikelgrößenkontrolle: $D_{50} < 1 \text{ µm}$.

6.2 Verarbeitungsablauf

Pressen : Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 150–200 MPa.

Sintern : Heißisostatisches Pressen (HIP), Temperatur 1350–1450 °C, Haltedruck 1–2 h.

Endbearbeitung : CNC-Schleifen, Toleranz $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Beschichtung : PVD-Verfahren, Temperatur 450–500 °C.

6.3 Qualitätskontrolle

Dichteprüfung: 14,0-14,9 g/cm³.

Härteprüfung: HV 1500-1800.

7. Testmethoden

7.1 Maße und Toleranzen

Werkzeuge : Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Referenzstandard : Gemäß JIS B 4104.

7.2 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Testbedingungen :

Werkstückmaterial: JIS S45C-Stahl (HB 200).

Schnittgeschwindigkeit (Vc): 100-150 m/min.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Vorschubgeschwindigkeit (fn): 0,1–0,2 mm/Zahn.

Schnitttiefe: 1-3 mm.

Programm :

Montieren Sie den Fräser an der Prüfmaschine.

30 min kontinuierlich nach den angegebenen Parametern schneiden.

Die Verschleißbandbreite (VB) wurde gemessen.

Beurteilungskriterium : $VB \leq 0,3$ mm.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

7.3 Datenaufzeichnung

Schnittzeit, VB-Wert und Ausfallart wurden aufgezeichnet.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und Reinheit des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Maße, Toleranzen, Härteprüfung.

Haltbarkeitstest (Probenahme).

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Geben Sie Typ (z. B. EM), Durchmesser (d), Länge (l) und Material an.

Beispiel: JIS B 4120-EM-10-60-WC.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Herstellungs- und Prüfzertifikat geliefert.

10. Anwendungsspezifikationen

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit (Vc) : 50–300 m/min (je nach Werkstück angepasst).

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05–0,5 mm/Zahn.

Schnitttiefe : 0,5–5 mm.

10.2 Kühlanforderungen

Empfohlene Schneidflüssigkeit, Durchflussrate ≥ 10 l/min.

Trockenschneiden ist auf leichte Belastungen und eine Dauer von ≤ 10 Min. beschränkt.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Überlastungsschnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Tabelle der Herstellungsprozessparameter

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Prozessschritte	Parameterbereich	Bemerkung
Kugelmahlen	12-24 h, mittleres Verhältnis 1:2	Einheitlichkeit gewährleisten
unterdrücken	150-200 MPa	Anfangsdichte 60%-65%
Sintern	1350-1450°C, 1-2 h	Dichte > 99,9 %
Beschichtung	1-3 µm, 450-500°C	TiAlN-Beschichtung

Anhang B (normativ) – Tabelle der Testbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (m/min)	(Vc, Vorschub mm/Zahn)	(fn, Schnitttiefe (mm))
JIS S45C	100-150	0,1-0,2	1-3
Gusseisen	80-120	0,2-0,3	2-4
Edelstahl	60-100	0,1-0,2	1-2

13. Index

Hartmetallfräser
Herstellungsprozess
Testmethode
Nutzungsrichtlinien

14. Impressum

Erscheinungsdatum : 20. Juni 2000.

Datum des Inkrafttretens : 1. Juli 2000.

Trägerorganisation : Japanese Industrial Standards Committee (JISC).

Sprache : Japanisch, Englisch.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
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

Chinesischer Nationalstandard

GB/T 16665-2017

- Technische Anforderungen und Prüfverfahren

für Hartlegierungen

— Technische Anforderungen und Prüfmethoden

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt die technischen Anforderungen und Leistungsprüfverfahren für Hartmetall (mit Wolframkarbid WC als Haupthartphase und Kobalt Co oder Nickel Ni als Bindephase) fest und gilt für die Herstellung von Metallschneidwerkzeugen, Formen und verschleißfesten Teilen. Diese Norm umfasst die Anforderungen an physikalische Eigenschaften, chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften des Materials sowie die entsprechenden Prüfverfahren. Sie gilt nicht für Nicht-Hartmetallwerkstoffe oder Verbundwerkstoffe für spezielle Zwecke.

1.1 Geltungsbereich

Anwendbar auf Hartmetalle auf WC-Co- oder WC-Ni-Basis.

Deckt Leistungsanforderungen und Testmethoden ab.

1.2 Ausschlüsse

Nicht-Hartmetall-Werkstoffe.

Verbundwerkstoffe für spezielle Anwendungen.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 3850-2015, Methoden zum Testen der Eigenschaften von Hartmetallen.

GB/T 5244-2015, Hartmetalle – Bestimmung des Kobalt-, Titan-, Tantal-, Niob- und Vanadiumgehalts.

ISO 513:2012, Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die spanende Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten.

Hinweis: Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Hartmetall

Ein Sinterwerkstoff mit Wolframkarbid (WC) als Haupthartphase und Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) als Bindephase, der eine hohe Härte und Verschleißfestigkeit aufweist.

3.2 Härte

Die Fähigkeit eines Materials, lokaler plastischer Verformung oder Einkerbung zu widerstehen, normalerweise ausgedrückt in der Vickershärte (HV).

3.3 Bruchzähigkeit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die Fähigkeit eines Materials, Risswachstum zu widerstehen, wird normalerweise als kritischer Spannungsintensitätsfaktor (K_{Ic}) ausgedrückt.

4. Symbole und Abkürzungen

HV : Vickershärte.

K_{Ic} : Bruchzähigkeit ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$).

ρ : Dichte (g/cm^3).

WC : Wolframkarbid.

Co : Kobalt.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Chemische Zusammensetzung

WC-Gehalt : 85 % – 94 % (Massenanteil).

Co-Gehalt : 6 % – 12 % (Massenanteil), Ni $\leq$ 2 % (optional).

Verunreinigungsgehalt : Sauerstoff $\leq$ 0,2 %, andere Verunreinigungen $\leq$ 0,5 %.

5.2 Physikalische Eigenschaften

Dichte (ρ) : 14,0–15,0 g/cm^3 (angepasst an den Co-Gehalt).

Porosität : A02-B00-C00 (gemäß GB/T 3850-Klasse).

5.3 Mechanische Eigenschaften

Härte (HV30) : 1200–1800 (je nach Sorte).

Bruchzähigkeit (K_{Ic}) : 8-15 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Biegefestigkeit : 1800–2500 MPa.

5.4 Wärmebeständigkeit

Betriebstemperatur: $\leq$ 800°C (unbeschichtet).

Oxidationsbeständigkeit: Gewichtsverlustrate $\leq$ 0,1 %/h (800 °C, 1 h).

6. Testmethoden

6.1 Analyse der chemischen Zusammensetzung

Methoden : Spektroskopische Analyse oder nasschemische Methoden.

Genauigkeit : $\pm 0,1$ % (Massenanteil).

Referenzstandard : Gemäß GB/T 5244.

6.2 Dichtemessung

Werkzeuge : Archimedisches Verfahren oder Quecksilberpenetrationsmethode.

Genauigkeit : $\pm 0,05$ g/cm^3 .

Referenzstandard : Gemäß GB/T 3850.

6.3 Härteprüfung

Werkzeuge : Vickers-Härteprüfer, Belastung 30 kg.

Genauigkeit : ± 20 HV.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 3850.

6.4 Bruchzähigkeitsprüfung

Methode : Einkanten-Kerbbalkenmethode (SENB).

Genauigkeit : $\pm 0,5$ $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Referenzstandard : Gemäß GB/T 3850.

6.5 Biegefestigkeitsprüfung

Methode : Dreipunkt-Biegeversuch.

Probengröße : 20 mm × 6,5 mm × 5,25 mm.

Genauigkeit : ±50 MPa.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 3850.

7. Inspektionsregeln

7.1 Werksinspektion

Prüfung der chemischen Zusammensetzung und Partikelgröße der Rohstoffe.

7.2 Werksinspektion

Tests zur Dichte, Härte, Bruchzähigkeit und Biegefestigkeit.

Porositäts- und Mikrostrukturanalyse.

8. Kennzeichnung und Verpackung

8.1 Logo

Markieren Sie die Markennummer (z. B. YG6, YG8) und die Chargennummer.

Beispiel: GB/T 16665-YG6-20250601.

8.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit Leistungstestbericht geliefert.

9. Bewerbungsrichtlinien

9.1 Anwendungsgebiete

Zerspanungswerkzeuge (Fräser, Drehmeißel).

Verschleißfeste Teile (Matrizen, Stempel).

9.2 Anwendungsempfehlungen

Vermeiden Sie eine längere Verwendung bei Temperaturen über 800 °C.

Überprüfen Sie die Oberflächen regelmäßig auf Verschleiß.

10. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie das Einatmen von Staub und handhaben Sie das Gerät in einer belüfteten Umgebung.

11. Anhang

Anhang A (informativ) – Leistungsreferenztabellen

Marke	WC-Gehalt (%)	Co-Gehalt (%)	Härte (HV30)	Bruchzähigkeit (K _{IC} , MPa·m ^{1/2})	Biegefestigkeit (MPa)
YG6	94	6	1500-1600	10-12	1800-2000
YG8	92	8	1400-1500	12-14	2000-2200

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

YG12	88	12	1300-1400	14-15	2200-2500

Anhang B (normativ) – Tabelle der Testbedingungen

Leistungsindikatoren	Testmethode	Anzahl der Proben	Zulässige Abweichung
Dichte	Archimedische Methode	3	$\pm 0,05 \text{ g/cm}^3$
Härte	Vickers-Härteprüfer	5	$\pm 20 \text{ HV}$
Bruchzähigkeit	SENB	5	$\pm 0,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$
Biegefestigkeit	Dreipunktbiegung	5	$\pm 50 \text{ MPa}$

12. Index

Hartmetall

Leistungsanforderungen

Testmethode

Technische Anforderungen

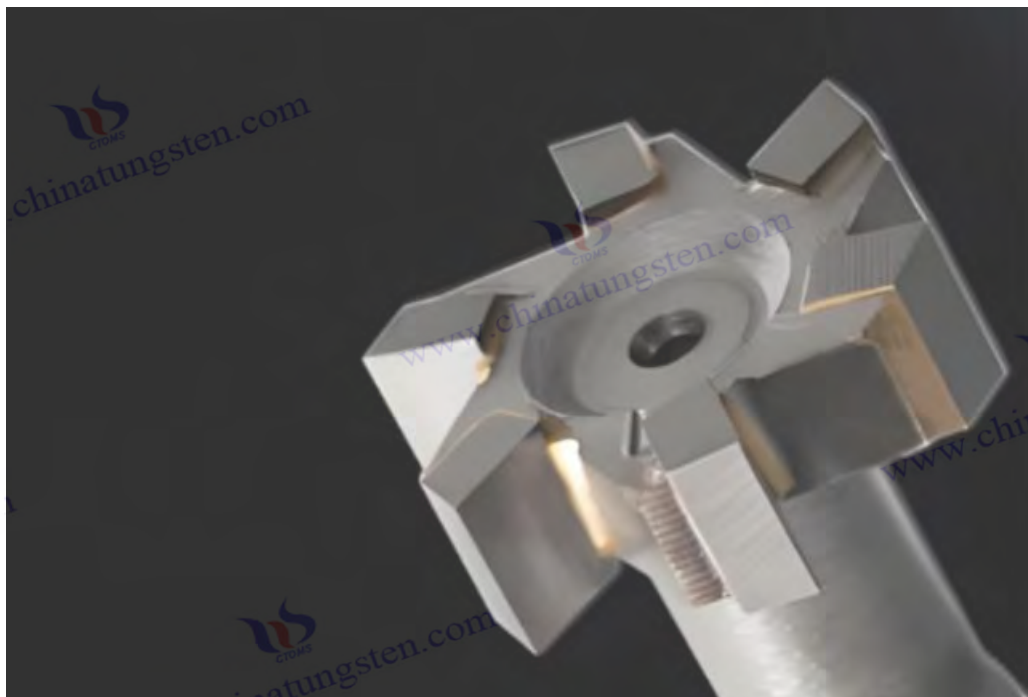
13. Impressum

Veröffentlichungsdatum : 30. Juni 2017.

Datum des Inkrafttretens : 1. Dezember 2017.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC).

Sprache : Chinesisch, Englisch.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Chinesischer Nationalstandard GB/T 5231-2019

GB/T 5231-2019

- Schneidwerkzeuge

— Allgemeine technische Bedingungen

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt die allgemeinen technischen Bedingungen für Schneidwerkzeuge (einschließlich Drehwerkzeuge, Fräser, Bohrer und Ausdrehwerkzeuge usw.) fest und umfasst Materialauswahl, Herstellungsverfahren, Maßtoleranzen, Leistungsanforderungen sowie Prüf- und Verwendungsspezifikationen. Diese Norm gilt für Schneidwerkzeuge aus verschiedenen Materialien (wie Schnellarbeitsstahl und Hartmetall) für die spanende Metallbearbeitung. Sie gilt nicht für nicht-spanende Werkzeuge oder die Nichtmetallbearbeitung.

1.1 Geltungsbereich

Geeignet für Schneidwerkzeuge aus Schnellarbeitsstahl, Hartmetall etc.

Deckt Herstellungs-, Inspektions- und Verwendungsanforderungen ab.

1.2 Ausschlüsse

Nichtschneidende Werkzeuge (z. B. Schleifwerkzeuge).

Nichtmetallische Verarbeitungsanwendungen.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 16665-2017, *Hartmetalle – Technische Anforderungen und Prüfverfahren*.

GB/T 3850-2015, *Methoden zum Testen der Eigenschaften von Hartmetallen*.

ISO 513:2012, *Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die spanende Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten*.

ISO 8688-1:1989, *Standzeitprüfung beim Fräsen – Teil 1: Planfräsen*.

Hinweis : Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Schneidwerkzeug

Werkzeuge, die Werkstückmaterial durch Spanabnahme bearbeiten, verfügen in der Regel über eine definierte Schneide.

3.2 Toleranz

Der zulässige Abweichungsbereich der Schneidwerkzeuggröße gewährleistet Verarbeitungsgenauigkeit und Austauschbarkeit.

3.3 Anwendungsbedingungen

Schnittparameter und Umgebungsanforderungen an Schneidwerkzeuge während der Verarbeitung.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Symbole und Abkürzungen

d : Durchmesser (mm).
l : Gesamtlänge (mm).
Vc : Schnittgeschwindigkeit (m/min).
VB : Flankenverschleißbreite (mm).
HSS : Schnellarbeitsstahl.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Materialanforderungen

Schnellarbeitsstahl (HSS) : Härte HRC 62–66, Hitzebeständigkeit $\leq 600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Hartmetall : Härte HV 1200-1800, Bruchzähigkeit $K_{1c} \geq 8\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Beschichtung : TiN oder TiAlN, Dicke 1–3 μm .

5.2 Geometrische Parameter

Vorlaufwinkel : 5° – 20° (je nach Werkzeugtyp angepasst).

Spitzenradius : 0,1–1,0 mm.

Oberflächenrauheit : $R_a \leq 1,6\text{ }\mu\text{m}$ (Schneidteil), $R_a \leq 0,8\text{ }\mu\text{m}$ (Schaft).

5.3 Maßtoleranzen

Durchmessertoleranz : h6 (3-6 mm) oder h7 (8-25 mm).

Längentoleranz : $\pm 0,2\text{ mm}$.

Koaxialitätstoleranz : 0,01 mm (über die gesamte Länge).

6. Herstellungsprozess

6.1 Materialvorbereitung

Schnellarbeitsstahl: geschmiedet oder gewalzt, geölt.

Hartmetall: Pulvermetallurgie, Pressdruck 150–200 MPa.

6.2 Verarbeitungsablauf

Grobbearbeitung : Drehen oder Fräsen.

Endbearbeitung : CNC-Schleifen, Toleranz $\pm 0,01\text{ mm}$.

Wärmebehandlung : Abschrecken (HSS), Sintern (Hartmetall), Temperatur 1200–1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Beschichtung

PVD-Verfahren, Temperatur 450–500 $^{\circ}\text{C}$, Verbindungsfestigkeit $> 70\text{ MPa}$.

7. Testmethoden

7.1 Maße und Toleranzen

Werkzeuge : Koordinatenmessgerät oder Messschieber.

Genauigkeit : $\pm 0,01\text{ mm}$.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 3850.

7.2 Härteprüfung

Werkzeuge : Vickers-Härteprüfer, Belastung 30 kg.

Genauigkeit : $\pm 20\text{ HV}$.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 3850.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

7.3 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Bedingungen : Stahl (HB 200), Vc 50–100 m/min, fn 0,1 mm/Zahn, ap 2 mm.

Vorgehensweise : 30 Minuten lang kontinuierlich schneiden und VB messen.

Beurteilungskriterium : $VB \leq 0,3$ mm.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und chemischen Zusammensetzung des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Maße, Toleranzen, Härteprüfung.

Haltbarkeitstest (Probenahme).

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Geben Sie Typ (z. B. M), Durchmesser (d), Länge (l) und Material an.

Beispiel: GB/T 5231-M-10-60-HSS.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Herstellungs- und Prüfzertifikat geliefert.

10. Anwendungsspezifikationen

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit (Vc) : 20–300 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05–0,5 mm/Zahn.

Schnitttiefe : 0,5–5 mm.

10.2 Kühlanforderungen

Empfohlene Schneidflüssigkeit, Durchflussrate ≥ 10 l/min.

Trockenschneiden ist auf leichte Belastungen und eine Dauer von ≤ 10 Min. beschränkt.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Überlastungsschnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Referenztabelle der technischen Parameter

Materialtyp	Härte (HV/HRC)	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/min)	Toleranzklasse	Oberflächenrauheit (Ra, μ m)
HSS	HRC 62-66	20-50	h6/h7	$\leq 1,6$
Hartmetall	HV 1200-	50-300	h6/h7	$\leq 1,6$

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

	1800			

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit m/min)	(Vc, Vorschub mm/Zahn)	(fn, Schnitttiefe (mm)
Stahl (HB 200)	50-100	0,1-0,2	1-3
Gusseisen	70-120	0,2-0,3	2-4
Aluminiumlegierung	100-300	0,1-0,5	1-5

13. Index

Schneidwerkzeuge
Technische Anforderungen
Testmethode
Nutzungsrichtlinien

14. Impressum

Erscheinungsdatum : 4. Juni 2019.

Datum des Inkrafttretens : 1. Januar 2020.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC).

Sprache : Chinesisch, Englisch.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Chinesischer Nationalstandard GB/T 20323-2020

GB/T 20323-2020

Fräsercode (Integral-/Gezähnt-/Wendeschneidfräser)

— Bezeichnungssystem für Vollzahn-/Zahn-/Wendezahntypen

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt das Codesystem für Fräser (einschließlich Integral-, Wendeschneid- und Wendeschneidplatten) fest, um Typ, Struktur, Größe, Material und weitere technische Merkmale von Fräsern zu identifizieren. Diese Norm gilt für verschiedene Fräser in der Metallzerspanung und zielt auf eine einheitliche Produktidentifikation und internationale Interoperabilität ab. Sie gilt nicht für spanlose Werkzeuge oder Spezialfräser mit nicht standardisierter Ausführung.

1.1 Geltungsbereich

Geeignet für Vollhartmetall-, Wendeplatten- und Wendeschneidplattenfräser.

Behandelt Codekonventionen und Identifikationsmethoden.

1.2 Ausschlüsse

Nicht schneidende Werkzeuge.

Spezialfräser mit nicht standardmäßigen Designs.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 5231-2019, *Schneidwerkzeuge – Allgemeine technische Bedingungen*.

GB/T 16665-2017, *Hartmetalle – Technische Anforderungen und Prüfverfahren*.

ISO 5608:2012, *Fräser – Bezeichnung*.

Hinweis : Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Vollhartmetallfräser

Ein Fräser aus einem einzigen Material, wobei Schneidteil und Schaft aus einem Stück bestehen.

3.2 Zahn-Einsteckfräser

Ein Fräser, bei dem die Schneidzähne eingelegt am Fräserkörper befestigt sind.

3.3 Wendeschneidplattenfräser

Fräser mit austauschbaren Schneideinsätzen, die gedreht oder umgedreht werden können, um neue Schneidkanten zu verwenden.

3.4 Bezeichnung

Standardisierte Codekombination zur Kennzeichnung der Eigenschaften von Fräsern.

4. Symbole und Abkürzungen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

d : Durchmesser (mm).

l : Gesamtlänge (mm).

HSS : Schnellarbeitsstahl.

WC : Wolframkarbid.

5. Bezeichnungssystem

5.1 Codezusammensetzung

Der Fräsercode besteht aus den folgenden Teilen, die der Reihe nach angeordnet sind:

Typenschlüssel : Kennzeichnet die Bauart des Fräasers.

Größencode : Identifiziert Durchmesser und Länge.

Materialcode : Identifiziert die Art des Materials.

Zusätzlicher Code : Optional, für spezielle Anwendungen oder Beschichtungen.

5.2 Typenschlüssel

S : Fest.

T : Zahneinsatzbar.

I : Indexierbar.

5.3 Größencode

Format: [Durchmesser]×[Länge].

Beispiel: 10×60 bedeutet Durchmesser 10 mm und Länge 60 mm.

Die Toleranzen entsprechen GB/T 5231.

5.4 Werkstoffcode

HSS : Schnellarbeitsstahl.

WC : Hartlegierung.

HSS-Co : Schnellarbeitsstahl mit Kobalt.

TiN : Titanitrid-Beschichtung (zusätzlich).

5.5 Zusätzlicher Code

R : Schrappen.

F : Fertigstellen.

H : Geeignet für Werkstücke mit hoher Härte.

6. Beispiele für die Bezeichnung

6.1 Integralfräser

S-10×60-HSS : 10 mm Durchmesser, 60 mm Länge, Vollhartmetallfräser aus Schnellarbeitsstahl.

S-20×100-WC-TiN : 20 mm Durchmesser, 100 mm Länge, Vollhartmetallfräser mit TiN-Beschichtung.

6.2 Wendeplatten-Zahnfräser

T-12×80-HSS-Co : 12 mm Durchmesser, 80 mm Länge, kobalthaltiger Wendeplattenfräser aus Schnellarbeitsstahl.

T-25×150-WC-R : 25 mm Durchmesser, 150 mm Länge, Fräser mit Hartmetalleinlage, geeignet für die Grobbearbeitung.

6.3 Wendeschneidplattenfräser

I-16×90-WC-F : 16 mm Durchmesser, 90 mm Länge, Wendeschneidplattenfräser aus Hartmetall,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

geeignet zum Schlichten.

I-30×120-WC-H : 30 mm Durchmesser, 120 mm Länge, Wendeschneidplattenfräser aus Hartmetall, geeignet für Werkstücke mit hoher Härte.

7. Kennzeichnungsanforderungen

Der Code sollte deutlich auf dem Fräserkörper oder der Verpackung markiert sein.

Schriftgröße: ≥ 2 mm.

Markierungsmethode: Lasergravur oder Tintenstrahldruck.

8. Inspektionsregeln

8.1 Code-Konsistenzprüfung

Der Prüfcode stimmt mit den tatsächlichen technischen Parametern überein.

Stichprobenrate: 5 % (mindestens 1 Stück).

8.2 Maß- und Werkstoffprüfung

Die Maß- und Materialprüfung muss gemäß GB/T 5231 durchgeführt werden.

9. Verpackung und Lagerung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Lagerumgebung: Temperatur 5–30 °C, Luftfeuchtigkeit ≤ 60 %.

10. Bewerbungsrichtlinien

Der integrierte Typ eignet sich für kleine Durchmesser und hochpräzise Bearbeitung.

Der Wendelattentyp ist für das Schneiden mittlerer Belastung geeignet.

Der Wendeschneidlattentyp eignet sich für große Durchmesser oder hocheffiziente Bearbeitungen.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Missbrauch durch falsche Codenamen.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Code-Referenztafel

Typencode	Strukturtyp	Materialbeispiele	Zusätzliche Codebeispiele
S	Monolithisch	HSS, WC	TiN, R
T	Gezähnt	HSS-Co, WC	F, H
ICH	Indexierbar	WC	F, H

Anhang B (normativ) – Größenbereiche

Durchmesserbereich (mm)	Längenbereich (mm)	Toleranzklasse
3-10	40-100	h6
12-25	80-200	h7
30-50	100-300	h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard File Version CTIAQCD-MA-E/P 2024 Edition
www.ctia.com.cn

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

13. Index

Fräser Codesystem Monolithisch Verzahnt Wendeschneidplatten

14. Impressum

Veröffentlichungsdatum : 15. Juni 2020. **Gültig ab** : 1. Januar 2021.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC).

Sprache : Chinesisch, Englisch.

Chinesischer Nationalstandard GB/T 25664-2010

GB/T 25664-2010

- Sicherheitsanforderungen für
Hochgeschwindigkeitsfräser
— Sicherheitsanforderungen

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt die Sicherheitsanforderungen für Hochgeschwindigkeitsfräser (anwendbar für Fräser mit Schnittgeschwindigkeiten über 50 m/s) fest, einschließlich der Sicherheitsleistungsspezifikationen für Konstruktion, Herstellung, Installation, Gebrauch und Wartung. Diese Norm gilt für Vollhartmetall-, Wendeschneidplatten- und Wendeschneidplattenfräser aus Schnellarbeitsstahl (HSS) oder Hartmetall (WC) und soll das Unfallrisiko während des Betriebs verringern. Sie gilt nicht für Anwendungen ohne Hochgeschwindigkeitszerspanung oder nichtschneidende Werkzeuge.

1.1 Geltungsbereich

Für Hochgeschwindigkeitsfräser mit Schnittgeschwindigkeiten > 50 m/s.

Deckt Sicherheitsanforderungen für Design, Herstellung, Installation, Verwendung und Wartung ab.

1.2 Ausschlüsse

Konventionelle Fräser mit Schnittgeschwindigkeiten ≤ 50 m/s.

Nichtschneidende Werkzeuge.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 5231-2019, *Schneidwerkzeuge – Allgemeine technische Bedingungen*.

GB/T 16665-2017, *Hartmetalle – Technische Anforderungen und Prüfverfahren*.

ISO 15641:2001, *Fräser für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – Sicherheitsanforderungen*.

Hinweis : Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Hochgeschwindigkeitsfräser

Für die effiziente Metallzerspanung werden üblicherweise Fräser mit Schnittgeschwindigkeiten über 50 m/s eingesetzt.

3.2 Sicherheitsleistung

Die Fähigkeit, während des Betriebs Personenschäden oder Geräteschäden zu verhindern.

3.3 Bruchzähigkeit

Die Fähigkeit eines Materials, Risswachstum zu widerstehen, wird normalerweise als K_{IC} ausgedrückt.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

4. Symbole und Abkürzungen

V_c : Schnittgeschwindigkeit (m/s).

d : Durchmesser (mm).

HSS : Schnellarbeitsstahl.

WC : Wolframkarbid.

K_{1c} : Bruchzähigkeit (MPa·m^{1/2}).

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Materialanforderungen

Härte : HSS HRC 62–66, WC HV 1200–1800.

Bruchzähigkeit : K_{1c} ≥ 10 MPa·m^{1/2} (WC), K_{1c} ≥ 8 MPa·m^{1/2} (HSS).

Ermüdungsfestigkeit : Ermüdungsgrenze ≥ 800 MPa.

5.2 Designanforderungen

Auswuchtgüteklasse : G2,5 (gemäß ISO 1940-1).

Maximale Geschwindigkeit : Berechnet auf Grundlage des Durchmessers, V_c ≤ 100 m/s.

Klingenfestigkeit : Zugfestigkeit ≥ 1000 MPa.

5.3 Herstellungsanforderungen

Oberflächenrauheit : Ra ≤ 1,2 μm (Schneidteil), Ra ≤ 0,6 μm (Schaft).

Wärmebehandlung : Abschrecken (HSS) oder Sintern (WC), Restspannung ≤ 200 MPa.

6. Sicherheitsanforderungen

6.1 Konstruktionssicherheit

Absplitterungssicheres Design : Klingenspitzenradius 0,2–1,0 mm.

Überdrehzahlenschutz : Automatische Stromunterbrechung, wenn die Drehzahl den Sollwert um 20 % überschreitet.

Unwuchttest : Dynamischer Unwuchtfehler ≤ 2 g·mm/kg.

6.2 Installationssicherheit

Spannkraft : Mindestspannkraft ≥ 10 kN (auf Durchmesser abgestimmt).

Koaxialität : Nach der Installation beträgt der Koaxialitätsfehler ≤ 0,01 mm.

Design zur Verhinderung des Lösens : Verwenden Sie eine Kontermutter oder eine Keilnut.

6.3 Nutzungssicherheit

Schutz des Bedieners : Schutzbrille, schnittfeste Handschuhe und Ohrstöpsel tragen.

Einschränkungen der Schnittparameter : V_c ≤ 100 m/s, Vorschubgeschwindigkeit ≤ 0,5 mm/Zahn.

Umweltanforderungen : Schneidflüssigkeitsdurchfluss ≥ 15 l/min, Temperatur ≤ 50 °C.

6.4 Aufrechterhaltung der Sicherheit

Regelmäßige Inspektion : Überprüfen Sie monatlich, dass die Verschleißbandbreite (VB) ≤ 0,3 mm ist.

Austauschkriterien : Austausch, wenn VB > 0,3 mm oder der Fräserkörper gerissen ist.

Entsorgung : Sicher recyceln oder zerstören, um Verletzungen durch Schutt zu vermeiden.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

7. Testmethoden

7.1 Gleichgewichtstest

Werkzeuge : Dynamische Auswuchtmaschine.

Standard : Gemäß ISO 1940-1, Klasse G2.5.

Genauigkeit : $\leq 2 \text{ g} \cdot \text{mm/kg}$.

7.2 Bruchzähigkeitsprüfung

Methode : Einkanten-Kerbbalkenmethode (SENB).

Genauigkeit : $\pm 0,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Referenznorm : GB/T 16665.

7.3 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Bedingungen : Stahl (HB 200), V_c 80 m/s, f_n 0,2 mm/Zahn, a_p 2 mm.

Vorgehensweise : 20 Minuten lang kontinuierlich schneiden und VB messen.

Beurteilungskriterium : Kein Absplittern, $VB \leq 0,3 \text{ mm}$.

Referenzstandard : Gemäß ISO 15641.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und chemischen Zusammensetzung des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Prüfungen auf Auswuchtgrad, Bruchzähigkeit und Haltbarkeit (Stichprobenrate 5 %).

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Markierungscode (z. B. HS-10×60-WC) und Sicherheitswarnungen.

Beispiel: GB/T 25664-HS-10×60-WC (Max. V_c : 100 m/s).

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine stoß- und feuchtigkeitsbeständige Verpackung und legen Sie Sicherheitshinweise bei.

10. Bewerbungsrichtlinien

Stellen Sie sicher, dass die Spindelsteifigkeit der Werkzeugmaschine $\geq 50 \text{ N}/\mu\text{m}$ beträgt.

Kalibrieren Sie regelmäßig die Auswucht- und Drehzahlüberwachungsgeräte.

11. Prävention von Sicherheitsvorfällen

Installieren Sie eine Schutzabdeckung, um herumfliegende Trümmer zu verhindern.

Schulen Sie die Bediener darin, Anzeichen von Überdrehzahl oder Überhitzung zu erkennen.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Referenztabelle für Sicherheitsparameter

Durchmesser (mm)	Maximale Geschwindigkeit (U/min)	Balance-Level	Klemmkraft (kN)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10	30000	G2.5	10
20	15000	G2.5	15
40	7500	G2.5	25

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/s)	Vorschub (mm/Zahn)	(fn, Schnitttiefe (mm))
Stahl (HB 200)	50-80	0,1-0,3	1-3
Aluminiumlegierung	80-100	0,2-0,5	1-5
Edelstahl	50-70	0,1-0,2	1-2

13. Index

Hochgeschwindigkeitsfräser

Sicherheitsanforderungen

Design für mehr Sicherheit

Sichere Anwendung

14. Impressum

Erscheinungsdatum : 1. Juni 2010.

Datum des Inkrafttretens : 1. Januar 2011.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC).

Sprache : Chinesisch, Englisch.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Chinesischer Nationalstandard GB/T 6122-2017

GB/T 6122-2017 –

Eckenrundungsfräser

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt Größe, Form, Fertigungsanforderungen, Leistungsspezifikationen und Einsatzbedingungen von Rundeckfräsern (Fräser zur Bearbeitung abgerundeter Ecken von Werkstückkanten) fest. Diese Norm gilt für integrierte oder mit Einsätzen versehene Rundeckfräser aus Schnellarbeitsstahl (HSS) oder Hartmetall (WC), die in der Metallzerspanung weit verbreitet sind, und ist nicht für nichtschneidende Werkzeuge oder nicht abgerundete Bearbeitungszwecke geeignet.

1.1 Geltungsbereich

Passend für Eckradiusfräser aus Schnellarbeitsstahl oder Hartmetall.

Behandelt Abmessungen, Herstellungs- und Verwendungsanforderungen.

1.2 Ausschlüsse

Nichtschneidende Werkzeuge.

Fräser für Anwendungen ohne Eckenrundung.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 5231-2019, *Schneidwerkzeuge – Allgemeine technische Bedingungen*.

GB/T 16665-2017, *Hartmetalle – Technische Anforderungen und Prüfverfahren*.

ISO 5609:1999, *Werkzeugschäfte mit 7/24-Kegel für automatischen Werkzeugwechsel*.

Hinweis: Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Eckenrundungsfräser

Ein Fräser mit einem bestimmten Eckenradius, der zum Abrunden oder Anfasen der Kanten eines Werkstücks verwendet wird.

3.2 Eckenradius

Der Bogenradius der Kante des Schneidteils des Fräsers in mm.

3.3 Anwendungsbedingungen

Die Schnittparameter und Umgebungsanforderungen des Eckfräsers während des Bearbeitungsprozesses.

4. Symbole und Abkürzungen

R: Eckenradius (mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

d : Durchmesser (mm).

l : Gesamtlänge (mm).

HSS : Schnellarbeitsstahl.

WC : Wolframkarbid.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Maße und Toleranzen

Durchmesserbereich : 6 mm bis 40 mm.

Eckenradius (R) : 1 mm bis 10 mm (Standardwerte: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 mm).

Längenbereich : 50 mm bis 150 mm.

Toleranz : Durchmesser h6 (6–10 mm) oder h7 (12–40 mm), Länge $\pm 0,2$ mm.

5.2 Materialanforderungen

Schnellarbeitsstahl (HSS) : Härte HRC 62–66, Hitzebeständigkeit ≤ 600 °C.

Hartmetall (WC) : Härte HV 1200–1800, Bruchzähigkeit $K_{1c} \geq 10$ MPa·m^{1/2}.

Beschichtung : TiN oder TiAlN, Dicke 1–3 µm.

5.3 Geometrische Parameter

Hauptablenkwinkel : 5°–15°.

Spiralwinkel : 15°–30° (je nach Durchmesser angepasst).

Oberflächenrauheit : $R_a \leq 1,6$ µm (Schneidteil), $R_a \leq 0,8$ µm (Schaft).

6. Herstellungsprozess

6.1 Materialvorbereitung

Schnellarbeitsstahl: geschmiedet oder gewalzt, gegläht.

Hartmetall: Pulvermetallurgie, Pressdruck 150–200 MPa.

6.2 Verarbeitungsablauf

Grobbearbeitung : Drehen oder Fräsen.

Endbearbeitung : CNC-Schleifen, Eckenradiustoleranz $\pm 0,05$ mm.

Wärmebehandlung : Abschrecken (HSS) oder Sintern (WC), Temperatur 1200–1450 °C.

6.3 Beschichtung

PVD-Verfahren, Temperatur 450–500 °C, Verbindungsfestigkeit > 70 MPa.

7. Testmethoden

7.1 Maße und Toleranzen

Werkzeuge : Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01$ mm.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 5231.

7.2 Härteprüfung

Werkzeuge : Vickers-Härteprüfer, Belastung 30 kg.

Genauigkeit : ± 20 HV.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 16665.

7.3 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Bedingungen : Stahl (HB 200), V_c 50 m/min, f_n 0,1 mm/Zahn, a_p 1 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Vorgehensweise : 30 Minuten lang ununterbrochen schneiden und die Verschleißbandbreite (VB) messen.

Beurteilungskriterium : $VB \leq 0,3 \text{ mm}$.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und chemischen Zusammensetzung des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Maße, Toleranzen, Härteprüfung.

Haltbarkeitstest (Abtastrate 5 %).

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Markieren Sie den Code (z. B. CR-10-R2-HSS) und den Rundungsradius.

Beispiel: GB/T 6122-CR-10-R2-HSS.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Herstellungs- und Prüfzertifikat geliefert.

10. Anwendungsspezifikationen

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit (Vc) : 20–100 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05–0,3 mm/Zahn.

Schnitttiefe : 0,5–2 mm.

10.2 Kühlanforderungen

Empfohlene Schneidflüssigkeit, Durchflussrate $\geq 10 \text{ l/min}$.

Trockenschneiden ist auf leichte Belastungen und eine Dauer von $\leq 10 \text{ Min.}$ beschränkt.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Überlastungsschnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Dimensionsreferenztafel

Durchmesser (mm)	Eckradius (R, mm)	Länge (mm)	Toleranzklasse
6	1-2	50-80	h6
12	2-4	80-120	h7
25	4-10	100-150	h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/min)	Vorschub (fn, mm/Zahn)	Schnitttiefe (mm)
Stahl (HB 200)	50-80	0,1-0,2	0,5-1,5
Aluminiumlegierung	80-100	0,2-0,3	0,5-2
Gusseisen	60-90	0,1-0,25	0,5-1,5

13. Index

Eckfräser

Technische Anforderungen

Nutzungsrichtlinien

Maßtoleranz

14. Impressum

Veröffentlichungsdatum : 30. Juni 2017.

Datum des Inkrafttretens : 1. Januar 2018.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC).

Sprache : Chinesisch, Englisch.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Chinesischer Nationalstandard GB/T 1127-2023

GB/T 1127-2023 - Halbrunde

Keilnutfräser

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt Größe, Form, Fertigungsanforderungen, Leistungsspezifikationen und Einsatzbedingungen von halbrunden Keilnutfräsern (Spezialfräser zur Bearbeitung halbrunder Keilnuten) fest. Diese Norm gilt für halbrunde Keilnutfräser aus Schnellarbeitsstahl (HSS) oder Hartmetall (WC), die hauptsächlich zur Keilnutfabrikation mechanischer Getriebeteile (wie Wellen und Naben) verwendet werden und nicht für nicht spanende Werkzeuge oder nicht halbrunde Keilnutanwendungen geeignet sind.

1.1 Geltungsbereich

Für halbrunde Keilnutfräser aus Schnellarbeitsstahl oder Hartmetall.

Behandelt Abmessungen, Herstellungs- und Verwendungsanforderungen.

1.2 Ausschlüsse

Nichtschneidende Werkzeuge.

Fräser zur Bearbeitung nicht halbrunder Keilnuten.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 5231-2019, *Schneidwerkzeuge – Allgemeine technische Bedingungen*.

GB/T 16665-2017, *Hartmetalle – Technische Anforderungen und Prüfverfahren*.

ISO 3338-1:2012, *Keilnutfräser – Teil 1: Allgemeine Maße*.

Hinweis: Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Halbrund-Keilnutfräser

Ein Fräser mit einer halbkreisförmigen Schneide, der zum Bearbeiten einer halbkreisförmigen Keilnut zur Aufnahme eines halbkreisförmigen Keils verwendet wird.

3.2 Keilnutbreite

Bei einem halbrunden Keilnutfräser entspricht die Breite des Schneidteils der tatsächlichen Größe der Keilnut.

3.3 Anwendungsbedingungen

Schnittparameter und Umgebungsanforderungen von halbrunden Keilnutfräsern während der Bearbeitung.

4. Symbole und Abkürzungen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

W : Keilnutbreite (mm).

d : Durchmesser (mm).

l : Gesamtlänge (mm).

HSS : Schnellarbeitsstahl.

WC : Wolframkarbid.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Maße und Toleranzen

Durchmesserbereich : 4 mm bis 25 mm.

Keilnutbreite (W) : 1 mm bis 8 mm (Standardwerte: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 mm).

Längenbereich : 40 mm bis 120 mm.

Toleranz : Durchmesser h6 (4–10 mm) oder h7 (12–25 mm), Breite $\pm 0,02$ mm.

5.2 Materialanforderungen

Schnellarbeitsstahl (HSS) : Härte HRC 62–66, Hitzebeständigkeit ≤ 600 °C.

Hartmetall (WC) : Härte HV 1200–1800, Bruchzähigkeit $K_{1c} \geq 10$ MPa·m^{1/2}.

Beschichtung : TiN oder AlTiN, Dicke 1–3 μ m.

5.3 Geometrische Parameter

Schneidkantenradius : Entspricht der Keilnutbreite, Toleranz $\pm 0,01$ mm.

Spiralwinkel : 10°–20° (je nach Durchmesser angepasst).

Oberflächenrauheit : $R_a \leq 1,6$ μ m (Schneidteil), $R_a \leq 0,8$ μ m (Schaft).

6. Herstellungsprozess

6.1 Materialvorbereitung

Schnellarbeitsstahl: geschmiedet oder gewalzt, gegläht.

Hartmetall: Pulvermetallurgie, Pressdruck 150–200 MPa.

6.2 Verarbeitungsablauf

Grobbearbeitung : Drehen oder Fräsen.

Endbearbeitung : CNC-Schleifen, Passfederbreitentoleranz $\pm 0,02$ mm.

Wärmebehandlung : Abschrecken (HSS) oder Sintern (WC), Temperatur 1200–1450 °C.

6.3 Beschichtung

PVD-Verfahren, Temperatur 450–500 °C, Verbindungsfestigkeit > 70 MPa.

7. Testmethoden

7.1 Maße und Toleranzen

Werkzeuge : Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01$ mm.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 5231.

7.2 Härteprüfung

Werkzeuge : Vickers-Härteprüfer, Belastung 30 kg.

Genauigkeit : ± 20 HV.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 16665.

7.3 Dauerhaltbarkeitsprüfung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Bedingungen : Stahl (HB 200), Vc 40 m/min, fn 0,1 mm/Zahn, ap 1 mm.

Vorgehensweise : 30 Minuten lang ununterbrochen schneiden und die Verschleißbandbreite (VB) messen.

Beurteilungskriterium : $VB \leq 0,3 \text{ mm}$.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und chemischen Zusammensetzung des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Maße, Toleranzen, Härteprüfung.

Haltbarkeitstest (Abtastrate 5 %).

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Markieren Sie den Code (z. B. HK-6-W2-HSS) und die Keilnutbreite.

Beispiel: GB/T 1127-HK-6-W2-HSS.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Herstellungs- und Prüfzertifikat geliefert.

10. Anwendungsspezifikationen

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit (Vc) : 20–80 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05–0,2 mm/Zahn.

Schnitttiefe : 0,5–1,5 mm.

10.2 Kühlanforderungen

Empfohlene Schneidflüssigkeit, Durchflussrate $\geq 10 \text{ l/min}$.

Trockenschneiden ist auf leichte Belastungen und eine Dauer von $\leq 10 \text{ Min.}$ beschränkt.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Überlastungsschnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Dimensionsreferenztafel

Durchmesser (mm)	Keilnutbreite (W, mm)	Länge (mm)	Toleranzklasse
4	1-2	40-60	h6
10	2-4	60-90	h6
20	4-8	90-120	h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/min)	Vorschub (fn, mm/Zahn)	Schnitttiefe (mm)
Stahl (HB 200)	40-60	0,05-0,15	0,5-1
Aluminiumlegierung	60-80	0,1-0,2	0,5-1,5
Gusseisen	50-70	0,05-0,15	0,5-1

13. Index

Halbrunder Keilnutfräser
Technische Anforderungen
Nutzungsrichtlinien
Maßtoleranz

14. Impressum

Erscheinungsdatum : 15. Juni 2023.

Datum des Inkrafttretens : 1. Januar 2024.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC).

Sprache : Chinesisch, Englisch.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Chinesischer Nationalstandard GB/T 20773-2006

GB/T 20773-2006 –

Fräser für Matrizen und Formen

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt die Größe, Form, Fertigungsanforderungen, Leistungsspezifikationen und Einsatzbedingungen von Formfräsern (Fräser, die speziell für die Formen- und Matrizenbearbeitung verwendet werden) fest. Diese Norm gilt für integrierte oder indexierbare Formfräser aus Schnellarbeitsstahl (HSS) oder Hartmetall (WC), die hauptsächlich für die Herstellung und Endbearbeitung von Präzisionsformen verwendet werden. Sie ist nicht für nicht spanende Werkzeuge oder Nicht-Formbearbeitungszwecke geeignet.

1.1 Geltungsbereich

Passend für Formfräser aus Schnellarbeitsstahl oder Hartmetall.

Behandelt Abmessungen, Herstellungs- und Verwendungsanforderungen.

1.2 Ausschlüsse

Nicht schneidende Werkzeuge.

Fräser nicht für die Formenbearbeitung vorgesehen.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 5231-2019, *Schneidwerkzeuge – Allgemeine technische Bedingungen*.

GB/T 16665-2017, *Hartmetalle – Technische Anforderungen und Prüfverfahren*.

ISO 5609:1999, *Werkzeugschäfte mit 7/24-Kegel für automatischen Werkzeugwechsel*.

Hinweis: Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Fräser für Matrizen und Formen

Fräser für die Bearbeitung von Formen und Matrizen mit hoher Präzision und komplexen Geometrien.

3.2 Zähnezahl

Die Anzahl der Schneiden von Formfräsern beeinflusst die Bearbeitungseffizienz und die Oberflächenqualität.

3.3 Anwendungsbedingungen

Schnittparameter und Umgebungsanforderungen von Formfräsern bei der Bearbeitung.

4. Symbole und Abkürzungen

d: Durchmesser (mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

L : Gesamtlänge (mm).

Z : Anzahl der Zähne.

HSS : Schnellarbeitsstahl.

WC : Wolframkarbid.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Maße und Toleranzen

Durchmesserbereich : 3 mm bis 20 mm.

Längenbereich : 50 mm bis 150 mm.

Toleranz : Durchmesser h6 (3–10 mm) oder h7 (12–20 mm), Länge $\pm 0,2$ mm.

Anzahl der Klingen (Z) : 2–6 (je nach Durchmesser angepasst).

5.2 Materialanforderungen

Schnellarbeitsstahl (HSS) : Härte HRC 62–66, Hitzebeständigkeit ≤ 600 °C.

Hartmetall (WC) : Härte HV 1300–1800, Bruchzähigkeit $K_{IC} \geq 10$ MPa·m^{1/2}.

Beschichtung : TiN, TiAlN oder AlCrN, Dicke 1–3 µm.

5.3 Geometrische Parameter

Hauptablenkwinkel : 5°–15°.

Spiralwinkel : 20°–40° (angepasst an das verarbeitete Material).

Oberflächenrauheit : $R_a \leq 1,6$ µm (Schneidteil), $R_a \leq 0,8$ µm (Schaft).

6. Herstellungsprozess

6.1 Materialvorbereitung

Schnellarbeitsstahl: geschmiedet oder gewalzt, gegläht.

Hartmetall: Pulvermetallurgie, Pressdruck 150–200 MPa.

6.2 Verarbeitungsablauf

Grobbearbeitung : Drehen oder Fräsen.

Endbearbeitung : CNC-Schleifen, Toleranz $\pm 0,01$ mm.

Wärmebehandlung : Abschrecken (HSS) oder Sintern (WC), Temperatur 1200–1450 °C.

6.3 Beschichtung

PVD-Verfahren, Temperatur 450–500 °C, Verbindungsfestigkeit > 70 MPa.

7. Testmethoden

7.1 Maße und Toleranzen

Werkzeuge : Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01$ mm.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 5231.

7.2 Härteprüfung

Werkzeuge : Vickers-Härteprüfer, Belastung 30 kg.

Genauigkeit : ± 20 HV.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 16665.

7.3 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Bedingungen : Stahl (HB 200), V_c 60 m/min, f_n 0,1 mm/Zahn, a_p 0,5 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Vorgehensweise : 30 Minuten lang ununterbrochen schneiden und die Verschleißbandbreite (VB) messen.

Beurteilungskriterium : $VB \leq 0,3 \text{ mm}$.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und chemischen Zusammensetzung des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Maße, Toleranzen, Härteprüfung.

Haltbarkeitstest (Abtastrate 5 %).

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Markieren Sie den Code (z. B. MD-6-Z4-WC) und die Anzahl der Klingen.

Beispiel: GB/T 20773-MD-6-Z4-WC.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Herstellungs- und Prüfzertifikat geliefert.

10. Anwendungsspezifikationen

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit (Vc) : 30–120 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05–0,2 mm/Zahn.

Schnitttiefe : 0,2–1 mm.

10.2 Kühlanforderungen

Empfohlene Schneidflüssigkeit, Durchflussrate $\geq 10 \text{ l/min}$.

Trockenschneiden ist auf leichte Belastungen und eine Dauer von $\leq 10 \text{ Min.}$ beschränkt.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie bei der Handhabung eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Überlastungsschnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Dimensionsreferenztafel

Durchmesser (mm)	Länge (mm)	Anzahl der Schaufeln (Z)	Toleranzklasse
3	50-80	2-3	h6
10	80-120	3-4	h6
20	100-150	4-6	h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/min)	Vorschub (fn, mm/Zahn)	Schnitttiefe (mm)
Stahl (HB 200)	60-80	0,05-0,15	0,2-0,5
Aluminiumlegierung	80-120	0,1-0,2	0,2-1
Formstahl	50-70	0,05-0,1	0,2-0,5

13. Index

Formfräser

Technische Anforderungen

Nutzungsrichtlinien

Maßtoleranz

14. Impressum

Erscheinungsdatum : 1. Juni 2006.

Datum des Inkrafttretens : 1. Januar 2007.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC).

Sprache : Chinesisch, Englisch.



Chinesischer Nationalstandard GB/T 14301-2008

GB/T 14301-2008 - Vollhartmetall

-Sägeblattfräser

1. Geltungsbereich

Diese Norm legt Größe, Form, Herstellungsanforderungen, Leistungsspezifikationen und Einsatzbedingungen von Vollhartmetall-Sägeblattfräsern (Fräser aus Vollhartmetall mit gezackten Schneidkanten) fest. Diese Norm gilt für Sägeblattfräser aus Vollhartmetall, die hauptsächlich zum Nuten, Schneiden und Trimmen von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen verwendet werden, und ist nicht auf nichtschneidende Werkzeuge oder nicht-Vollhartmetallstrukturen anwendbar.

1.1 Geltungsbereich

Passend für Sägeblattfräser aus Vollhartmetall.

Behandelt Abmessungen, Herstellungs- und Verwendungsanforderungen.

1.2 Ausschlüsse

Nicht schneidende Werkzeuge.

Fräser mit nicht-massiver Hartmetallstruktur.

2. Normative Verweisungen

Die unten aufgeführten Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm integraler Bestandteil dieser Norm. Für diese Norm gilt nur die Fassung zum jeweiligen Datum. Spätere Überarbeitungen oder Änderungen gelten nicht für diese Norm, sofern nicht anders angegeben.

GB/T 5231-2019, *Schneidwerkzeuge – Allgemeine technische Bedingungen*.

GB/T 16665-2017, *Hartmetalle – Technische Anforderungen und Prüfverfahren*.

ISO 6987:2012, *Wendeschneidplatten aus Hartstoffen mit abgerundeten Ecken*.

Hinweis : Die neueste Version des referenzierten Dokuments kann nach der Veröffentlichung aktualisiert werden. Es wird empfohlen, die National Standard Information Public Service Platform zu konsultieren, um die neuesten Informationen zu erhalten.

3. Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen:

3.1 Vollhartmetall-Sägeblattfräser

Fräser komplett aus Hartmetall mit gezackten Schneiden zum Nutenfräsen und Zerspanen.

3.2 Zähnezahl

Die Anzahl der Schneidzähne eines Sägeblattfräasers beeinflusst die Bearbeitungseffizienz und die Oberflächenqualität.

3.3 Anwendungsbedingungen

Schnittparameter und Umgebungsanforderungen von Sägeblattfräsern bei der Verarbeitung.

4. Symbole und Abkürzungen

d : Durchmesser (mm).

l : Gesamtlänge (mm).

Z : Anzahl der Zähne.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

WC : Wolframkarbid.

5. Technische Voraussetzungen

5.1 Maße und Toleranzen

Durchmesserbereich : 2 mm bis 25 mm.

Dickenbereich : 0,5 mm bis 3 mm.

Längenbereich : 40 mm bis 120 mm.

Toleranz : Durchmesser h6 (2–10 mm) oder h7 (12–25 mm), Dicke $\pm 0,02$ mm.

Anzahl der Zähne (Z) : 4–20 (je nach Durchmesser angepasst).

5.2 Materialanforderungen

Hartmetall (WC) : Härte HV 1300–1800, Bruchzähigkeit $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Beschichtung : TiN, TiAlN oder AlCrN, Dicke 1–3 μm .

5.3 Geometrische Parameter

Zahnwinkel : 5° – 15° (je nach Verarbeitungsmaterial angepasst).

Schrägungswinkel : 0° – 30° (mit geraden oder schrägen Zähnen erhältlich).

Oberflächenrauheit : $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ (Schneidteil), $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ (Schaft).

6. Herstellungsprozess

6.1 Materialvorbereitung

Hartmetall: Pulvermetallurgie, Pressdruck 150–200 MPa.

6.2 Verarbeitungsablauf

Grobbearbeitung : Drehen oder Fräsen.

Endbearbeitung : CNC-Schleifen, Zahnprofilltoleranz $\pm 0,01$ mm.

Wärmebehandlung : Sintern, Temperatur 1350–1450 $^\circ\text{C}$.

6.3 Beschichtung

PVD-Verfahren, Temperatur 450–500 $^\circ\text{C}$, Verbindungsfestigkeit > 70 MPa.

7. Testmethoden

7.1 Maße und Toleranzen

Werkzeuge : Koordinatenmessgerät.

Genauigkeit : $\pm 0,01$ mm.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 5231.

7.2 Härteprüfung

Werkzeuge : Vickers-Härteprüfer, Belastung 30 kg.

Genauigkeit : ± 20 HV.

Referenzstandard : Gemäß GB/T 16665.

7.3 Dauerhaltbarkeitsprüfung

Bedingungen : Stahl (HB 200), V_c 80 m/min, f_n 0,1 mm/Zahn, a_p 0,5 mm.

Vorgehensweise : 30 Minuten lang ununterbrochen schneiden und die Verschleißbandbreite (VB) messen.

Beurteilungsstandard : $VB \leq 0,3$ mm.

Referenzstandard : Gemäß ISO 8688-1.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

8. Inspektionsregeln

8.1 Werksinspektion

Prüfung der Härte und chemischen Zusammensetzung des Rohmaterials.

8.2 Werksinspektion

Maße, Toleranzen, Härteprüfung.

Haltbarkeitstest (Abtastrate 5 %).

9. Kennzeichnung und Verpackung

9.1 Logo

Markieren Sie den Code (z. B. SC-10-Z10-WC) und die Anzahl der Zähne.

Beispiel: GB/T 14301-SC-10-Z10-WC.

9.2 Verpackung

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung.

Wird mit einem Herstellungs- und Prüfzertifikat geliefert.

10. Anwendungsspezifikationen

10.1 Schnittdaten

Schnittgeschwindigkeit (Vc) : 50–150 m/min (je nach Material angepasst).

Vorschubgeschwindigkeit (fn) : 0,05–0,2 mm/Zahn.

Schnitttiefe : 0,2–1 mm.

10.2 Kühlanforderungen

Empfohlene Schneidflüssigkeit, Durchflussrate ≥ 10 l/min.

Trockenschneiden ist auf leichte Belastungen und eine Dauer von ≤ 10 Min. beschränkt.

11. Sicherheitsanforderungen

Tragen Sie beim Betrieb eine Schutzbrille und Handschuhe.

Vermeiden Sie Überlastung und Schnitte, um ein Absplittern des Werkzeugs zu verhindern.

12. Anhang

Anhang A (informativ) – Dimensionsreferenztafel

Durchmesser (mm)	Dicke (mm)	Länge (mm)	Anzahl der Zähne (Z)	Toleranzklasse
2	0,5-1	40-60	4-6	h6
10	1-2	60-90	8-12	h6
25	2-3	90-120	12-20	h7

Anhang B (Normativ) – Tabelle der Nutzungsbedingungen

Werkstückstoff	Schnittgeschwindigkeit (Vc, m/min)	Vorschub (fn, mm/Zahn)	Schnitttiefe (mm)
Stahl (HB 200)	80-120	0,05-0,15	0,2-0,5
Aluminiumlegierung	100-150	0,1-0,2	0,2-1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Holzwerkstoffe	50-80	0,05-0,1	0,2-0,5

13. Index

Vollhartmetall-Sägeblatt-Fräser Technische Anforderungen Anwendungshinweise Maßtoleranz

14. Impressum

Veröffentlichungsdatum : 1. Juni 2008. Datum des Inkrafttretens : 1. Januar 2009.

Verwaltet von : Standardization Administration of China (SAC). Sprache : Chinesisch, Englisch.

Anhang:

Einführung des Hartmetall-Stanzwerkzeugs

Die Hartmetall-Stanzform ist ein Hochleistungsformwerkzeug. Sie verwendet Wolframkarbid (WC) als Kernmaterial und wird mithilfe fortschrittlicher Pulvermetallurgie-Technologie hergestellt. Sie ist für die hochpräzise und hochfeste Metallumformung und Stanzverarbeitung konzipiert. Dank ihrer hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit werden Hartmetall-Stanzformen häufig in der Automobilindustrie, der Elektronikindustrie, der Luft- und Raumfahrt, der Hardwareproduktion, der Medizintechnik und anderen Branchen eingesetzt. Sie ermöglicht die effiziente Durchführung von Prozessen wie Stanzen, Strecken, Biegen und Formen und verbessert so die Lebensdauer der Form, die Verarbeitungsgenauigkeit und die Produktionseffizienz deutlich. Dieser Artikel stellt die Leistungsfähigkeit und den Nutzen von Hartmetall-Stanzformen im Hinblick auf Materialeigenschaften, Typen und technische Indikatoren, Herstellungsverfahren, Einsatz- und Anwendungsszenarien, Produktvorteile, technische Herausforderungen und Verbesserungsvorschläge umfassend vor.

1. Materialzusammensetzung und Eigenschaften von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

1.1 Materialzusammensetzung

Die Zusammensetzung der Stanzwerkzeuge aus Hartmetall ist präzise darauf ausgelegt, das optimale Gleichgewicht zwischen Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu erreichen:

Harte Phase

Wolframkarbid (WC, 80–95 %) bietet extrem hohe Härte und Verschleißfestigkeit. Einige Formeln sind mit Titankarbid (TiC, 15 %) oder Tantalkarbid (TaC, 0,52 %) dotiert, um die Hochtemperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

Klebphase

Kobalt (Co, 515 %) verbessert die Zähigkeit und Schlagfestigkeit; Nickel (Ni, 510 %) wird in korrosionsbeständigen Formeln verwendet, die für saure oder feuchte Umgebungen geeignet sind.

Zusatzstoff

Spuren von Chrom (Cr, 0,11 %), Vanadium (V, 0,050,5 %) und Molybdän (Mo, 0,10,8 %) werden verwendet, um die Körner zu verfeinern, das Kornwachstum zu hemmen und die Korrosionsbeständigkeit sowie die Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen zu verbessern.

1.2 Hauptmerkmale

Die Leistungsfähigkeit von Stanzwerkzeugen aus Hartmetall beruht auf ihrer optimierten Mikrostruktur und Materialzusammensetzung:

Härte

HRA 8692 (HV 1200–1700) ist dem Schnellarbeitsstahl (HSS, HRC 6065) weit überlegen und eignet sich zum Stanzen von Materialien mit einer Härte von bis zu HRC 50.

Bruchzähigkeit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6,510 MPa·m^{1/2}, was besser ist als bei gewöhnlichem Hartmetall (57 MPa·m^{1/2}), und die Schlagbruchfestigkeit ist um 30 % verbessert.

Verschleißfestigkeit

Die Verschleißrate beträgt 0,010,02 mm³/N·m (ASTM G65), was 1,52-mal niedriger ist als bei hochchromhaltigem Matrizenstahl, und die Matrizenlebensdauer wird um das 310-fache verlängert.

Druckfestigkeit

4000–6000 MPa, hält hohem Aufpralldruck stand (maximaler Aufpralldruck bis zu 2000 kN).

Dichte

13.815,2 g/cm³, mittleres Gewicht, geeignet für hochpräzise Verarbeitung.

Korrosionsbeständigkeit

In einer neutralen oder leicht sauren Umgebung (pH 49) beträgt die Korrosionsrate <0,07 mm/Jahr; Formulierungen oder Beschichtungen auf Nickelbasis können einem pH-Wert von 210 mit einer Korrosionsrate von <0,05 mm/Jahr standhalten.

Temperaturbeständigkeit

Die Betriebstemperatur liegt zwischen 20 °C und 800 °C. Die Beschichtungsformel hält einer Momenttemperatur von 1000 °C stand und ist daher für das Stanzen bei hohen Temperaturen geeignet.

1.3 Mikrostrukturvorteile

Die Stanzform aus Hartmetall weist eine Feinkornstruktur (0,52 Mikron) oder eine Ultrafeinkornstruktur (0,20,5 Mikron) auf, die folgende Vorteile mit sich bringt:

Hohe Härte und Festigkeit: Kleine Körner erhöhen die Korngrenzendichte, folgen dem Hall-Petch-Effekt und verbessern die Verschleißfestigkeit.

Hervorragende Zähigkeit: Durch die Kornverfeinerung werden Spannungen verteilt, das Risiko der Rissausbreitung verringert und die Schlagfestigkeit um 20–30 % verbessert.

Oberflächenstabilität: Reduziert den Verschleiß, hält die Formoberfläche glatt und verlängert die Verarbeitungsgenauigkeit und Lebensdauer.

2. Typen und technische Indikatoren

Es gibt viele Arten von Hartmetall-Stanzwerkzeugen mit unterschiedlichen Funktionen und Einsatzmöglichkeiten. Nachfolgend finden Sie eine umfassende Klassifizierung, technische Indikatoren und eine Anwendungstabelle (siehe ISO-Normen, ASTM-Spezifikationen und Herstellerangaben).

2.1 Arten und Anwendungen von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Stanzform	Wird zum Stanzen von	Automobilherstellung	Größe 50300
Stanzform	Blättern und Schneiden	(Karosserieteile), Elektronik	mm, Dicke

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

	präziser Formen oder Löcher verwendet.	(Leiterplattenrahmen), Hardware (Metалldichtungen), Stanzen von Stahlblechen, Edelstahl, Aluminiumlegierungen.	1050 mm, HRA 8790, Lebensdauer 502 Millionen Stanzvorgänge.
Streckwerkzeug Ziehstein	Wird zum Strecken von Blechen zu tiefen Bechern oder komplexen Formen verwendet.	Automobilherstellung (Kraftstofftanks, Autotüren), Haushaltsgeräte (Metallgehäuse), Behälter (Aluminium Dosen), Ziehen von kohlenstoffarmem Stahl, Edelstahl, Kupferlegierungen.	Durchmesser 20200 mm, Tiefe 20100 mm, HRA 8689, Lebensdauer 301,5 Millionen Stanzungen.
Biegematrize Biegematrize	Wird verwendet, um Bleche in bestimmte Winkel oder Formen zu biegen.	Automobilbau (Halterungen), Bauwesen (Stahlkonstruktionen), Elektronik (Fahrwerk), gebogene Stahlplatten, Aluminiumplatten, Edelstahl.	Größe 50400 mm, Winkel 15°180°, HRA 8689, Lebensdauer 502 Millionen Stanzungen.
Formwerkzeug Formwerkzeug	Wird zum Bilden komplexer dreidimensionaler Formen verwendet.	Luft- und Raumfahrt (Teile aus Titanlegierungen), Automobil (Instrumententafeln), Medizin (Gehäuse), Umformung von Edelstahl, Aluminiumlegierungen und Magnesiumlegierungen.	Größe 100500 mm, HRA 8790, Lebensdauer 301,5 Millionen Stanzungen.
Verbundform Verbundmatrize	Integrieren Sie mehrere Prozesse, um mehrere Prozesse gleichzeitig abzuschließen.	Elektronik (Steckverbinder), Automobile (Kleinteile), Hardware (komplexe Dichtungen), Verarbeitung von Stahlplatten, Kupferlegierungen und Aluminiumlegierungen.	Größe 50200 mm, HRA 8790, Lebensdauer 502 Millionen Stanzungen.
Folgeschnitt Folgeschnitt	Kontinuierliche Verarbeitung mit mehreren Stationen, geeignet für die Massenproduktion.	Automobilherstellung (Befestigungselemente), Elektronik (Anschlüsse), Haushaltsgeräte (Metallzubehör), Stanzen, Biegen, Formen von Stahlplatten, Edelstahl.	Größe 200–1000 mm, HRA 8790, Lebensdauer 1003 Millionen Stanzvorgänge.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Feinstanzform Feinstanzwerkzeug	Hochpräzises Stanzen, glatte Kanten ohne Grate.	Automobilbau (Zahnräder, Lagerdichtungen), Elektronik (Präzisionsteile), Medizin (Geräteteile), Feinschneiden von Stahlplatten, Edelstahl.	Größe 50200 mm, Toleranz $\pm 0,005$ mm, HRA 8992, Lebensdauer 502 Millionen Stanzungen.
Extrusionsdüse Extrusionsdüse	Wird für die Metallextrusion zum Formen von Stangen, Rohren oder Sonderformteilen verwendet.	Luft- und Raumfahrt (Aluminiumprofile), Bauwesen (Tür- und Fensterrahmen), Automobile (Rohrverbindungen), extrudierte Aluminiumlegierungen, Kupferlegierungen, Magnesiumlegierungen.	Durchmesser 20100 mm, HRA 8689, Lebensdauer 201 Millionen Stanzungen.
Kaltstauchmatrize Kaltstauchmatrize	Wird zum Kaltstauchen von Befestigungselementen wie Schrauben und Muttern verwendet.	Automobilherstellung (Schrauben), Bauwesen (Befestigungselemente), Maschinenbau (Nieten), Kaltfließpressen von Weichstahl, Edelstahl, Kupfer.	Durchmesser 1050 mm, HRA 8790, Lebensdauer 502 Millionen Stanzungen.
Tiefziehwerkzeug Tiefziehwerkzeug	Speziell für das Ultratiefziehen und die Verarbeitung von Teilen mit hohem Aspektverhältnis entwickelt.	Automobilbau (Kraftstofffilter), Haushaltsgeräte (Edelstahltopfe), Medizin (Metall Dosen), tiefgezogener Edelstahl, Aluminiumlegierung, Kupfer.	Durchmesser 20150 mm, Tiefe 50200 mm, HRA 8689, Lebensdauer 201 Millionen Stanzungen.
Pulverformwerkzeug Pulverformwerkzeug	Wird zum Pressen und Formen von pulvermetallurgischen Teilen verwendet.	Automobil (Zahnräder), Elektronik (Magnetkerne), Luftfahrt (Leichtbauteile), gepresstes Eisenpulver, Kupferpulver und Hartmetallpulver.	Größe 50200 mm, HRA 8992, Lebensdauer 502 Millionen Stanzungen.

2.2 Technische Indikatoren

Größe

Länge/Breite: 50–1000 mm (üblicherweise 50–300 mm).

Dicke: 10100 mm (üblicherweise 1050 mm).

Toleranz: $\pm 0,005$ mm (Feinstanzwerkzeug) bis $\pm 0,02$ mm (Universalstanzwerkzeug).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Gewicht

0,150 kg pro Stück, geeignet für Stanzmaschinen oder automatisierte Produktionslinien.

Oberflächenrauheit

Ra 0,10,8 µm, wodurch die Haftung und Reibung am Werkstück verringert wird.

Härtegrad

Standard: HRA 8689 (Stanzen für allgemeine Zwecke).

Hohe Härte: HRA 8992 (Feinschneiden, Pulverumformen).

Stoffformel

WCCo (Allzweck): Kobaltgehalt 612 %, HRA 8791, hohe Zähigkeit.

WCNi (korrosionsbeständiger Typ): Nickelgehalt 510 %, beständig gegenüber Säuren und Laugen.

WCTiCTaC (Hochtemperaturtyp): Temperaturbeständigkeit 800–1000 °C.

Stempelparameter

Stanzkraft: 100–2000 kN (je nach Formtyp).

Stanzgeschwindigkeit: 501.000 Mal/Minute (Maximum für Folgestanzen).

Werkstückdicke: 0,110 mm (üblicherweise 0,55 mm).

Oberflächenbehandlung

Polieren: Ra 0,050,4 µm, reduziert Reibungswärme.

Beschichtung

TiN: Härte HV 2000–2500, Verschleißfestigkeit um das Zweifache erhöht.

TiAlN: Temperaturbeständig bis 900 °C, geeignet zum Stanzen bei hohen Temperaturen.

AlCrSi/TiN: Temperaturbeständigkeit 1000 °C, Lebensdauer 3-fach verlängert.

DLC: Reibungskoeffizient 0,10,2, geeignet für Aluminiumlegierungen und Kupferlegierungen.

Einhaltung von Standards

Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.

ISO 8020 (Stempel- und Matrizenspezifikationen), ASTM B771 (Verschleißtest), ISO 3878 (Härtetest).

3. Herstellungsprozess von Hartmetall-Stanzformen

Bei der Herstellung von Stanzwerkzeugen aus Hartmetall kommt modernste Pulvermetallurgietechnologie zum Einsatz, um sicherzustellen, dass Materialeigenschaften, geometrische Genauigkeit und Oberflächenqualität höchsten Standards entsprechen.

3.1 Rohstoffaufbereitung

Es werden hochreines Wolframkarbid (WC, Reinheit > 99,95 %), Kobalt (Co, Reinheit > 99,9 %) und Additive (wie TiC, TaC, Cr) ausgewählt. Das Pulver wird durch ein Nassmahlverfahren (Alkohol oder deionisiertes Wasser, Kugelmahlen für 2472 Stunden) gemischt, wobei die durchschnittliche Partikelgröße auf 0,21 Mikrometer begrenzt wird. VC oder Cr3C2 (0,10,5 %) wird als Korninhibitor hinzugefügt, um Kornwachstum beim Hochtemperaturesintern zu verhindern.

3.2 Umformen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Das Pulver wird bei einem Druck von 200–400 kg zu einem Grünkörper gepresst, dessen Dichte 50–60 % des theoretischen Wertes beträgt.

Präzisionsformen: Hochpräzise Formen (Toleranz $\pm 0,1$ mm) werden zum Formen komplexer Hohlräume oder Stempel verwendet.

Sprühtrocknung: Bereiten Sie fließfähige Partikel vor und verbessern Sie die Gleichmäßigkeit und Festigkeit von Grünkörpern.

3.3 Sintern

Vorsintern: 900–1100 °C, um organische Zusätze zu entfernen.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1350–1500 °C, 100–200 MPa, Argonatmosphäre, Sintern für 24 Stunden, Dichte 99,8–100 %.

Kühlungssteuerung: Progressive Kühlung (1020 °C/min) zur Vermeidung von Mikrorissen durch thermische Spannung.

3.4 Nachbearbeitung

Präzisionsschleifen: Verwenden Sie eine Diamantschleifscheibe oder ein CBN-Werkzeug, um eine Toleranz von $\pm 0,005$ mm und eine Oberflächenrauheit von Ra 0,10,8 μm zu erreichen.

Elektroerosive Bearbeitung (EDM): Bearbeitung komplexer Formhohlräume mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm, geeignet für Feinstanzwerkzeuge und Folgeverbundwerkzeuge.

Oberflächenverfestigung: Sandstrahlen, Polieren oder Beschichten (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit und Hitzebeständigkeit.

Qualitätsprüfung:

Härteprüfung: HRA/HV, Fehler $\pm 0,5$.

Mikrostrukturanalyse: Mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurde die Korngröße (0,22 μm) untersucht.

Dimensionsmessung: dreidimensionales Messgerät, Genauigkeit $\pm 0,002$ mm.

Zerstörungsfreie Prüfung: Ultraschallprüfung zur Feststellung innerer Defekte.

4. Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsszenarien von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

Hartmetall-Stanzwerkzeuge werden aufgrund ihrer hohen Präzision, Verschleißfestigkeit und langen Lebensdauer häufig in den folgenden Bereichen und Szenarien eingesetzt:

4.1 Automobilbau

Hartmetall-Stanzmatrize

Stanzen von Karosserieteilen und Halterungen, Verarbeitung von kohlenstoffarmem Stahl und Edelstahl, Genauigkeit $\pm 0,02$ mm, Lebensdauer 502 Millionen Mal, verwendet bei der Herstellung von Autotüren und Motorhauben.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartmetall-Ziehstein

Dehnbarer Kraftstofftank, Instrumententafel, Verarbeitung aus Aluminiumlegierung, Edelstahl, Tiefe 50200 mm, Lebensdauer 301,5 Millionen Mal, geeignet für die Massenproduktion.

Hartmetall-Kaltstauchmatrize

Geformte Schrauben und Muttern, verarbeiteter kohlenstoffarmer Stahl, Lebensdauer 502 Millionen Mal, verwendet in der Herstellung von Befestigungselementen.

4.2 Elektronik und Elektrogeräte

Hartmetall-Folgeverbundwerkzeug

Verarbeitung von Steckverbindern und Anschlüssen, Stanzen von Kupferlegierungen und Edelstahl, Genauigkeit $\pm 0,01$ mm, Lebensdauer 100–300 Millionen Mal, geeignet für Hochgeschwindigkeitsstanzen.

Hartmetall-Präzisionsstanzform

Produzieren Sie Leiterplattenrahmen, Präzisionsteile und verarbeiten Sie Stahlplatten mit einer Kantenrauigkeit von $Ra\ 0,2\ \mu m$ und einer Lebensdauer von 502 Millionen Mal. Wird in der Mobiltelefon- und Computerherstellung eingesetzt.

Formgebungsform aus Hartmetallpulver

Pressen von Magnetkernen, elektronischen Bauteilen, Verarbeiten von Eisenpulver, Kupferpulver, Lebensdauer 502 Millionen Mal, geeignet für die Produktion kleiner Teile.

4.3 Luft- und Raumfahrt

Hartmetall-Formmatrize

Formen von Teilen aus Titan- und Aluminiumlegierungen, wie z. B. Flügelverbinder, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm, einer Lebensdauer von 301,5 Millionen Mal und einer Temperaturbeständigkeit von $800\ ^\circ C$.

Hartmetall-Extrusionsdüse

Extrudieren von Leichtbauprofilen, Verarbeitung von Magnesiumlegierungen und Aluminiumlegierungen, mit einer Lebensdauer von 201 Millionen Mal, verwendet in Rumpfstrukturteilen.

Hartmetall-Verbundmatrize

Verarbeitung komplexer Verbindungsstücke, Stanzen + Strecken von Titanlegierungen, Lebensdauer 502 Millionen Mal, geeignet für hochpräzise Teile.

4.4 Hardware und Konstruktion

Hartmetall-Biegematrize

Zum Biegen von Stahl- und Aluminiumplatten sowie zur Bearbeitung von Bauklammern und Metallzubehör. Mit einer Winkelgenauigkeit von $\pm 0,5^\circ$ und einer Lebensdauer von 502 Millionen Mal wird es in der Stahlkonstruktions-, Türen- und Fensterherstellung eingesetzt.

Hartmetall-Stanzmatrize

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Stanzen von Metalldichtungen und Befestigungselementen, Verarbeitung von Edelstahl und Kupfer, mit einer Lebensdauer von 502 Millionen Mal, geeignet für die Herstellung von Hardwareprodukten.

Hartmetall-Extrusionsdüse

Extrudierte Rohre und Profile, verarbeitete Aluminiumlegierung, Lebensdauer 201 Millionen Mal, verwendet in der Gebäudedekoration.

4.5 Medizinprodukte

Hartmetall-Präzisionsstanzform

Verarbeitung von Teilen chirurgischer Instrumente, Stanzen von Edelstahl und Titanlegierungen, Genauigkeit von $\pm 0,005$ mm, Lebensdauer von 502 Millionen Mal, verwendet bei der Herstellung von Knochenschrauben und Implantaten.

Hartmetall-Formmatrize

Formen eines medizinischen Gehäuses, Verarbeitung von Aluminiumlegierungen, Edelstahl, Oberflächenrauheit $Ra\ 0,2\ \mu m$, Lebensdauer 301,5 Millionen Mal, geeignet für die Herstellung medizinischer Behälter.

Hartmetall-Kaltstauchmatrize

Geformte Mikrobefestigungen aus rostfreiem Stahl mit einer Lebensdauer von 502 Millionen Zyklen, die bei der Montage medizinischer Geräte verwendet werden.

5. Vorteile von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

Hartmetall-Stanzwerkzeuge sind mit ihrer hervorragenden Leistung führend in der Werkzeugindustrie:

Ultralange Lebensdauer: Verschleißfestigkeit und Härte verlängern die Lebensdauer um das 310-fache und reduzieren die Kosten für eine einzelne Stanzung um 3060 %.

Effiziente Verarbeitung: Unterstützt Hochgeschwindigkeitsstanzen (501.000 Mal/Minute) und hohe Stanzkraft (1.002.000 kN) und erhöht die Produktionseffizienz um 2050 %.

Hohe Präzision: Bearbeitungsgenauigkeit $\pm 0,005$ mm (feine Stanzform), Oberflächenrauheit $Ra\ 0,10,8\ \mu m$, erfüllt die hohen Anforderungen der Luftfahrt und Elektronik.

Flexible Anpassung: Verschiedene Typen (Stanzen, Ziehen, Folgeverbund usw.), Größen (50–1000 mm) und Beschichtungen (TiN, TiAlN) für unterschiedliche Arbeitsbedingungen.

Umweltanpassungsfähigkeit: Hohe Temperaturbeständigkeit (800–1000 °C), Korrosionsbeständigkeit (pH 210), anpassbar an trockene, nasse und chemische Umgebungen.

Umweltfreundliche Herstellung: Hohe Haltbarkeit reduziert Formenwechsel und Abfall, im Einklang mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung.

6. Technische Herausforderungen und Verbesserungsrichtungen für Hartmetall-Stanzwerkzeuge

6.1 Technische Herausforderungen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verarbeitungsschwierigkeiten: Hartmetall weist eine hohe Härte (HRA 8692) auf, was extrem hohe Anforderungen an Verarbeitungsgeräte und Werkzeuge stellt. Diamantschleifscheiben oder CBN-Werkzeuge verschleßen schnell, und es ist schwierig, die Verarbeitungsgenauigkeit (Toleranz $< \pm 0,005$ mm) zu stabilisieren.

Sprödigkeitsrisiko: Bei Materialien mit hoher Härte kann es bei hohem Aufpralldruck (> 2000 kN) oder falscher Konstruktion zu Mikrorissen oder Brüchen kommen, was die Lebensdauer beeinträchtigt.

Probleme beim Wärmemanagement: Beim Hochgeschwindigkeitsstanzen (> 500 Mal/Minute) entsteht Reibungswärme, die insbesondere bei hohen Temperaturen zu einer Erweichung der Formoberfläche oder einem Ablösen der Beschichtung führen kann.

Anpassungsfähigkeit an komplexe Werkstücke: Dünne Platten ($< 0,5$ mm), hochfester Stahl (HRC >50) oder Verbundwerkstoffe stellen hohe Anforderungen an die Formgeometrie und Oberflächenbehandlung und neigen zu Verschleiß oder Festkleben.

Extreme Arbeitsbedingungen: Bei extrem hohen Temperaturen (> 1000 °C) oder in einer stark sauren Umgebung (pH-Wert < 2) verschlechtert sich die Leistung herkömmlicher Beschichtungen und Bindungsphasen und die Lebensdauer verkürzt sich um 50–70 %.

6.2 Technische Verbesserungsrichtung von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

Fortschrittliche Verarbeitungstechnologie: Entwicklung von Laser-Mikrobearbeitung und Elektrofunkensbearbeitung mit einer auf $\pm 0,003$ mm erhöhten Genauigkeit und um 30 % reduziertem Werkzeugverschleiß, geeignet für komplexe Formhohlräume (wie Folgeverbundwerkzeuge und Feinstanzwerkzeuge).

Zähigkeitsverstärktes Design: Durch die Verwendung einer Gradientenstruktur (hohe Härte HRA 9092 auf der Oberfläche, hohe Bruchzähigkeit $> 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ im Inneren) oder einer CoNi-Verbundbindungsphase wird die Schlagfestigkeit um 20–30 % erhöht und das Risiko einer Rissbildung verringert.

Effizientes Wärmemanagement: Optimieren Sie die Kühlkanäle der Form (Kühlmitteldruck 510 MPa, Durchflussrate 310 l/min), um die Betriebstemperatur um 100–150 °C zu senken. Entwickeln Sie adaptive Beschichtungen (wie TiAlN/AlCrSi, Temperaturbeständigkeit 1100 °C), um die thermische Erweichung zu verringern.

Optimierung komplexer Werkstücke: Entwerfen Sie reibungsarme Beschichtungen (wie DLC, Reibungskoeffizient 0,10,2) und optimieren Sie die Hohlraumgeometrie (Eckenradius 0,10,5 mm), um das Anhaften dünner Platten und den Verschleiß zu verringern; entwickeln Sie PCD-Inlayformen (polykristalliner Diamant) mit einer auf HV 8000 erhöhten Härte und einer um das 20-fache verlängerten Lebensdauer.

Anpassung an extreme Arbeitsbedingungen: Erforschung und Entwicklung von Nano-Mehrschichtbeschichtungen (wie AlCrSi/TiN, Dicke 25 μm , Härte HV 3500) oder Verbundwerkstoffen mit Keramikmatrix (WCSiC) mit erhöhter Temperaturbeständigkeit auf 1200 °C und einer Korrosionsrate bei starker Säure (pH 12) von $< 0,03$ mm/Jahr.

Intelligentes Design: Mithilfe von KI werden Stanzkraft (Fehler < 5 %) und Verschleißverhalten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

simuliert, Hohlraumwinkel (Abweichung $< 0,5^\circ$) und Oberflächenbehandlung (Rauigkeit $Ra < 0,1 \mu m$) optimiert und die Verarbeitungsstabilität verbessert. Es werden selbstdiagnostische Formen entwickelt, die Temperatur und Verschleiß in Echtzeit überwachen und so die Lebensdauer um 1020 % verlängern.

Hartmetall-Stanzwerkzeuge haben sich aufgrund ihrer hohen Härte (HRA 8692), hervorragenden Zähigkeit ($6,510 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) und extrem langen Lebensdauer (203 Millionen Stanzungen) zu bevorzugten Formwerkzeugen in der Automobilindustrie, der Elektronikindustrie, der Luft- und Raumfahrt, der Eisenwarenindustrie und der Medizintechnik entwickelt. Die große Vielfalt (Stanzwerkzeuge, Ziehwerkzeuge, Folgeverbundwerkzeuge, Feinstanzwerkzeuge usw.) und die präzisen Spezifikationen (Toleranz $\pm 0,005 \text{ mm}$, Größe 50–1000 mm) erfüllen die vielfältigen Anforderungen vom Blechschneiden bis zum Tiefziehen. Technische Daten zeigen, dass die Lebensdauer 310-mal höher ist als bei Schnellarbeitsstahlwerkzeugen, die Produktionseffizienz um 2050 % gesteigert wird und die Verarbeitungsgenauigkeit das IT6/IT8-Niveau erreicht.

Dank fortschrittlicher Pulvermetallurgieverfahren und Beschichtungstechnologien (wie TiAlN und DLC) sind Stanzwerkzeuge auch in rauen Umgebungen wie hohen Temperaturen ($800\text{--}1000^\circ\text{C}$) und Korrosion (pH 210) beständig. Zukünftig werden Hartmetall-Stanzwerkzeuge durch Laserbearbeitung, PCD-Inlays, Nanobeschichtung, KI-Optimierung und intelligentes Design ihre Leistung weiter verbessern und ihre Anwendungsszenarien erweitern. Dies trägt maßgeblich zur effizienten, präzisen und nachhaltigen Entwicklung der globalen Industrie bei.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Anhang:

Einführung des Hartmetall-Drahtziehwerkzeugs

Hartmetall-Drahtziehsteine sind Hochleistungswerkzeuge mit Wolframkarbid (WC) als Kernmaterial. Sie werden mittels fortschrittlicher pulvermetallurgischer Verfahren hergestellt und sind speziell für das Ziehen von Metalldrähten konzipiert. Dank ihrer hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit finden Hartmetall-Drahtziehsteine breite Anwendung in der Herstellung von Drähten und Kabeln, Drahtseilen, Federn, medizinischen Führungsdrähten, Luft- und Raumfahrt Drähten und weiteren Bereichen. Sie ermöglichen das effiziente Ziehen von Metallen wie Stahl, Kupfer, Aluminium und Titan und verbessern so die Oberflächenqualität, Maßgenauigkeit und Lebensdauer des Drahtes deutlich. Dieser Artikel stellt die Leistung und den Nutzen von Hartmetall-Drahtziehsteinen im Hinblick auf Materialeigenschaften, Typen und technische Indikatoren, Herstellungsverfahren, Einsatz- und Anwendungsszenarien, Produktvorteile, technische Herausforderungen und Verbesserungsvorschläge umfassend vor.

1. Materialzusammensetzung und Eigenschaften von Hartmetall-Drahtziehsteinen

1.1 Materialzusammensetzung des Hartmetall-Drahtziehsteins

Die Zusammensetzung der Hartmetall-Ziehsteine ist präzise darauf ausgelegt, das optimale Gleichgewicht zwischen Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu erreichen:

Harte Phase

Wolframkarbid (WC, 85–95 %) bietet extrem hohe Härte und Verschleißfestigkeit. Einige Formeln sind mit Titankarbid (TiC, 0,53 %) oder Tantalkarbid (TaC, 0,52 %) dotiert, um die Hochtemperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

Klebphase

Kobalt (Co, 5,12 %) verbessert die Zähigkeit und Schlagfestigkeit; Nickel (Ni, 5,10 %) wird in korrosionsbeständigen Formeln verwendet, die für saure oder feuchte Umgebungen geeignet sind.

Zusatzstoff

Spuren von Chrom (Cr, 0,10,8 %), Vanadium (V, 0,050,4 %) und Molybdän (Mo, 0,10,6 %) werden verwendet, um die Körner zu verfeinern, das Kornwachstum zu hemmen und die Korrosionsbeständigkeit sowie die Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen zu verbessern.

1.2 Wichtige Eigenschaften von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Die Leistung von Hartmetall-Drahtziehsteinen beruht auf ihrer optimierten Mikrostruktur und Materialzusammensetzung:

Härte

HRA 8892 (HV 1400–1800) übertrifft Schnellarbeitsstahl (HSS, HRC 6065) bei weitem und eignet sich für Werkstoffe mit einer Zughärte bis zu HRC 40.

Bruchzähigkeit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6,09,0 MPa·m^{1/2}, was besser ist als gewöhnliches Hartmetall (57 MPa·m^{1/2}), und die Risswachstumsbeständigkeit ist um 25 % verbessert.

Verschleißfestigkeit

Die Verschleißrate beträgt 0,0080,015 mm³/N·m (ASTM G65), was 1,52-mal niedriger ist als bei hochchromhaltigem Matrizenstahl, und die Matrizenlebensdauer wird um das 515-fache verlängert.

Druckfestigkeit

4500–6500 MPa, beständig gegen hohe Zugkräfte (maximale Zugkraft bis 500 kN).

Dichte

14,015,0 g/cm³, mittleres Gewicht, geeignet für Präzisionsbearbeitung.

Korrosionsbeständigkeit

In einer neutralen oder leicht sauren Umgebung (pH 49) beträgt die Korrosionsrate <0,05 mm/Jahr; Formulierungen oder Beschichtungen auf Nickelbasis können einem pH-Wert von 210 mit einer Korrosionsrate von <0,03 mm/Jahr standhalten.

Temperaturbeständigkeit

Die Betriebstemperatur liegt zwischen 20 °C und 700 °C, und die Beschichtungsformel kann Kurzzeitemperaturen von 900 °C standhalten, sodass sie für das Drahtziehen bei hohen Temperaturen geeignet ist.

1.3 Mikrostrukturelle Vorteile von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Die Hartmetall-Drahtziehmatrize weist eine ultrafeine Kornstruktur (0,20,5 Mikron) oder eine feine Kornstruktur (0,51 Mikron) auf, was die folgenden Vorteile mit sich bringt:

Hohe Härte und Festigkeit: Kleine Körner erhöhen die Korngrenzendichte, folgen dem Hall-Petch-Effekt und verbessern die Verschleißfestigkeit.

Hervorragende Zähigkeit: Durch die Kornverfeinerung werden Spannungen abgebaut, das Risiko der Rissausbreitung verringert und die Schlagfestigkeit um 20–30 % verbessert.

Oberflächenstabilität: Reduziert den Verschleiß, hält das Matrizenloch glatt und verlängert die Oberflächenqualität des Drahtes und die Lebensdauer der Matrize.

2. Typen und technische Indikatoren von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Es gibt viele Arten von Hartmetall-Drahtziehsteinen, die unterschiedliche Drahtarten und Ziehanforderungen abdecken. Nachfolgend finden Sie eine umfassende Klassifizierung, technische Indikatoren und eine Anwendungstabelle (siehe ISO-Normen, ASTM-Spezifikationen und Herstellerangaben).

2.1 Arten und Anwendungen von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Runddrahtziehstein	Standardmäßiges rundes	Drähte und Kabel (Kupfer-	Matrizenlochdurchmesser
Runddrahtdüse	Matrizenloch, geeignet zum	und Aluminiumdrähte),	0,0110 mm,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	Ziehen von Runddrähten.	Drahtseile (Drähte aus Kohlenstoffstahl), Federn (Klavierdrähte), zugfestes Kupfer, Aluminium und Stahl.	Matrizenkörperdurchmesser 20100 mm, HRA 8892, Lebensdauer 500–2000 Tonnen Draht.
Drahtziehstein mit Sonderform Geformter Drahtstempel	Für Drähte mit Sonderformen werden nicht-runde Matrizenlöcher (z. B. quadratisch, sechseckig und oval) verwendet.	Elektronik (Flachdraht), Hardware (Vierkantstahldraht), Medizin (speziell geformter Führungsdraht), gezogenes Kupfer, Edelstahl, Titanlegierung.	Matrizenlochgröße 0,18 mm, Matrizenkörperdurchmesser 2080 mm, HRA 8992, Lebensdauer 300–1500 Tonnen Draht.
Mikrodrahtziehstein Mikrodrahtdüse	Extra kleines Matrizenloch, speziell für das Ziehen dünner oder ultrafeiner Drähte konzipiert.	Medizin (Führungsdraht, Nahtmaterial), Elektronik (ultrafeiner Kupferdraht), Luftfahrt (Titanlegierungsfilament), Ziehen von Titan, Kupfer, Edelstahl.	Matrizenlochdurchmesser 0,0050,5 mm, Matrizenkörperdurchmesser 1050 mm, HRA 9092, Lebensdauer 100500 Tonnen Draht.
Mehrstufige Ziehmatrize Mehrstufige Matrize	Kontinuierliches Strecken mit mehreren Matrizen, geeignet für die Massenproduktion.	Drähte und Kabel (Hochspannungskabelseele), Stahlcord (für Reifen), Federn (hochfester Stahldraht), Zugstahl, Kupfer und Aluminium.	Matrizenlochdurchmesser 0,18 mm, Matrizenkörperdurchmesser 50150 mm, HRA 8891, Lebensdauer 10003000 Tonnen Draht.
Rohrziehstein Rohrziehstein	Wird zum Dehnen des Außendurchmessers oder Innendurchmessers des Rohrs verwendet, um die Rohrwandstärke zu optimieren.	Energie (Edelstahlrohre), Medizin (Katheter), Automobil (Auspuffrohre), Ziehen von Edelstahl, Kupfer, Aluminiumlegierungen.	Matrizenlochdurchmesser 250 mm, Matrizenkörperdurchmesser 50120 mm, HRA 8790, Lebensdauer 500–2000 Tonnen Rohr.
Stangenziehstein Stangenziehstein	Matrizenloch mit großem Durchmesser, geeignet zum Ziehen von Stangen oder dicken Drähten.	Bauwesen (Bewehrungsstahl), Maschinenbau (Wellenteile), Eisenwaren (dicker Stahldraht), gestreckter kohlenstoffarmer Stahl, Edelstahl, Kupfer.	Matrizenlochdurchmesser 530 mm, Matrizenkörperdurchmesser 50150 mm, HRA 8790, Lebensdauer 500–2000 Tonnen Stange.
Hochtemperatur-Drahtziehstein	Hochtemperaturbeständiges Design, geeignet zum	Luft- und Raumfahrt (Draht aus Nickellegierung),	Matrizenlochdurchmesser 0,15 mm,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Hochtemperatur-Die	Drahtziehen bei hohen Temperaturen.	Energie (Hochtemperaturdraht), Militärindustrie (Draht aus Titanlegierung), gestreckte Titanlegierung, Legierung auf Nickelbasis.	Matrizenkörperdurchmesser 2080 mm, HRA 8992, Lebensdauer 3001000 Tonnen Draht.
Verbundmatrize	Entwickelt zum Dehnen von Verbund- oder beschichteten Drähten, um die Delamination zu reduzieren.	Elektronik (beschichtete Leiter), Luftfahrt (Kohlenstofffaser-Verbunddrähte), Energie (Verbundkabel), gestreckter kupferummantelter Stahl, Kohlenstofffaser-Verbundwerkstoffe.	Matrizenlochdurchmesser 0,15 mm, Matrizenkörperdurchmesser 2080 mm, HRA 8992, Lebensdauer 200800 Tonnen Draht.

2.2 Technische Indikatoren für Hartmetall-Drahtziehsteine

Hartmetall-Ziehsteingröße

Matrizenlochdurchmesser: 0,00550 mm (üblicherweise 0,0110 mm).
Durchmesser des Phantoms: 10–150 mm (üblicherweise 20–100 mm).
Toleranz: ±0,001 mm (Mikroform) bis ±0,01 mm (allgemeine Form).

Hartmetall-Ziehsteingewicht

Einzelstückgewicht 0,055 kg, geeignet für Drahtziehmaschinen oder automatisierte Produktionslinien.

Oberflächenrauheit von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Matrizenloch Ra 0,050,2 µm, Drahtoberfläche Ra 0,10,4 µm.

Härtegrad von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Standard: HRA 8891 (Zeichnung für allgemeine Zwecke).
Hohe Härte: HRA 9092 (Mikro-, Hochtemperaturziehen).

Formel für das Material der Hartmetall-Drahtziehmatrizen

WCCo (Allzweck): Kobaltgehalt 510 %, HRA 8891, hohe Zähigkeit.
WCNi (korrosionsbeständiger Typ): Nickelgehalt 510 %, beständig gegenüber Säuren und Laugen.
WCTiCTaC (Hochtemperaturtyp): Temperaturbeständigkeit 700–900 °C.

Ziehparameter für Hartmetall-Drahtziehsteine

Ziehgeschwindigkeit: 130 m/s (Mikrodraht 15 m/s, Stahldraht 1030 m/s).
Zugkraft: 10500 kN (abhängig von Materialdurchmesser und Material).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Reduktionsrate: 1030 % (Einzelstrecke).

Oberflächenbehandlung von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Polieren: Matrizenloch Ra 0,020,1 µm, Reibungswärme reduzieren.

Hartmetall-Drahtziehwerkzeugbeschichtung

TiN: Härte HV 2000–2500, Verschleißfestigkeit um das Zweifache erhöht.

TiAlN: Temperaturbeständig bis 900 °C, geeignet für das Drahtziehen bei hohen Temperaturen.

AlCrSi/TiN: Temperaturbeständigkeit 1000 °C, Lebensdauer 3-fach verlängert.

DLC: Reibungskoeffizient 0,080,15, geeignet für Kupfer- und Aluminiumdrähte.

Einhaltung der Norm für Hartmetall-Drahtziehsteine

Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.

ISO 1684 (Spezifikation für Drahtziehsteine), ASTM B771 (Verschleißtest), ISO 3878 (Härtetest).

3. Herstellungsverfahren für Hartmetall-Drahtziehsteine

Bei der Herstellung von Hartmetall-Drahtziehwerkzeugen kommt modernste Pulvermetallurgietechnologie zum Einsatz, um sicherzustellen, dass Materialeistung, Matrizenlochgenauigkeit und Oberflächenqualität den höchsten Standards entsprechen.

3.1 Vorbereitung der Rohstoffe für Hartmetall-Drahtziehsteine

Es werden hochreines Wolframkarbid (WC, Reinheit > 99,95 %), Kobalt (Co, Reinheit > 99,9 %) und Additive (wie TiC, TaC, Cr) ausgewählt. Das Pulver wird durch Nassmahlen (Alkohol oder deionisiertes Wasser, Kugelmahlen für 2472 Stunden) gemischt, und die durchschnittliche Partikelgröße wird auf 0,20–0,8 µm festgelegt. VC oder Cr₃C₂ (0,10–0,4 %) wird als Korninhibitor hinzugefügt, um Kornwachstum beim Hochtemperaturesintern zu verhindern.

3.2 Hartmetall-Drahtziehformung

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Das Pulver wird bei 200–400 MPa zu einem Grünkörper mit einer Dichte von 50–60 % des theoretischen Wertes gepresst.

Präzisionsformen: Zur Herstellung des Formkörpers und der ersten Formöffnung werden hochpräzise Formen (Toleranz ± 0,05 mm) verwendet.

Sprühtrocknung: Bereiten Sie fließfähige Partikel vor und verbessern Sie die Gleichmäßigkeit und Festigkeit von Grünkörpern.

3.3 Sintern von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Vorsintern: 900–1100 °C, um organische Zusätze zu entfernen.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1350–1450 °C, 100–200 MPa, Argonumgebung, Sintern für 23 Stunden, Dichte 99,8–100 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kühlungssteuerung: Progressive Kühlung (1015 °C/min) zur Vermeidung von Mikrorissen durch thermische Spannung.

3.4 Nachbearbeitung von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Präzisionsschleifen: Verwenden Sie eine Diamantschleifscheibe, um das Matrizenloch mit einer Toleranz von $\pm 0,001$ mm und einer Oberflächenrauheit von $Ra\ 0,050,2\ \mu m$ zu bearbeiten.

Laserbearbeitung: Feinabstimmung der Form der Formöffnung (rund, Sonderform) mit einer Genauigkeit von $\pm 0,0005$ mm, geeignet für Mikroformen.

Polieren: Ultrapräzises Polieren, Matrizenloch $Ra\ 0,020,1\ \mu m$, optimiert die Oberflächenqualität des Drahtes.

Oberflächenverstärkung: Beschichtungen (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) verbessern die Verschleißfestigkeit und Hitzebeständigkeit.

Qualitätsprüfung:

Härteprüfung: HRA/HV, Fehler $\pm 0,5$.

Mikrostrukturanalyse: Mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurde die Korngröße ($0,20,8\ \mu m$) untersucht.

Dimensionsmessung: optisches Messgerät, Genauigkeit $\pm 0,0005$ mm.

Zerstörungsfreie Prüfung: Ultraschallprüfung zur Feststellung innerer Defekte.

4. Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsszenarien von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Hartmetall-Drahtziehsteine werden aufgrund ihrer hohen Präzision, Verschleißfestigkeit und langen Lebensdauer häufig in den folgenden Bereichen und Szenarien eingesetzt:

4.1 Hartmetall-Drahtziehsteine und -Kabel

Hartmetall-Drahtziehstein, Runddrahtziehstein

Das Strecken von Kupfer- und Aluminiumleitern zur Herstellung von Stromkabeln und Kommunikationsleitungen mit einer Drahtdurchmessergenauigkeit von $\pm 0,002$ mm und einer Lebensdauer von 500–2000 Tonnen wird bei der Herstellung von Hochspannungskabeln und Netzkabeln verwendet.

Hartmetall-Drahtziehstein Mehrstufen-Drahtziehstein

Dünne Kupferdrähte werden kontinuierlich gedehnt und ultrafeine Drähte mit einem Drahtdurchmesser von $0,01\text{--}0,1$ mm und einer Lebensdauer von 1000–3000 Tonnen verarbeitet, die für die Herstellung von Datenkabeln und Kopfhörerkabeln geeignet sind.

Hartmetall-Drahtziehsteine Drahtziehsteine in Sonderform

Strecken von Flach- oder Vierkantdrähten, Verarbeiten von Drähten für elektronische Geräte, Lebensdauer 300–1500 Tonnen, Verwendung in Steckverbindern und Leiterplatten.

4.2 Hartmetall-Drahtziehstein und Feder

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartmetall-Drahtziehstein, Runddrahtziehstein

Durch Strecken von Kohlenstoffstahldraht werden Stahldrahtseile und Federstahldrähte hergestellt. Drahtdurchmesser: 0,110 mm, Lebensdauer: 500–2000 Tonnen, Verwendung in Aufzugsdrahtseilen und Autoaufhängungsfedern.

Hartmetall-Drahtziehsteine, Stabdrahtziehsteine

Spannen von dickem Stahldraht oder Stahlstangen, Verarbeitung von Baustahl, Drahtdurchmesser 530 mm, Lebensdauer 500–2000 Tonnen, geeignet für Brücken und Gebäudestrukturen.

Hartmetall-Drahtziehstein Hochtemperatur-Drahtziehstein

Durch das Spannen von Federdraht entstehen hochfeste Federn mit einer Temperaturbeständigkeit von 700°C und einer Lebensdauer von 300–1000 Tonnen, die in Industriefedern und Ventulfedern verwendet werden.

4.3 Hartmetall-Drahtziehsteine für Medizinprodukte

Hartmetall-Drahtziehstein Mikro-Drahtziehstein

Durch Strecken von Führungsdrähten aus Titanlegierung und Edelstahl werden kardiovaskuläre Führungsdrähte und Nähte mit einem Drahtdurchmesser von 0,0050,5 mm, einer Genauigkeit von $\pm 0,001$ mm und einer Lebensdauer von 100500 Tonnen hergestellt, die für die interventionelle medizinische Behandlung geeignet sind.

Hartmetall-Drahtziehsteine Drahtziehsteine in Sonderform

Spannen speziell geformter medizinischer Drähte, Verarbeiten orthopädischer Fixationsdrähte, mit einer Lebensdauer von 200.800 Tonnen, verwendet bei der Herstellung von Knochenschrauben und Implantaten.

Hartmetall-Drahtziehsteine Drahtziehsteine aus Verbundwerkstoffen

Gestreckter Verbundführungsdraht, verarbeiteter beschichteter Draht, Lebensdauer 200–800 Tonnen, geeignet für neurointerventionelle Geräte.

4.4 Luft- und Raumfahrt

Hartmetall-Drahtziehstein Hochtemperatur-Drahtziehstein

Strecken von Drähten aus Nickelbasislegierungen und Titanlegierungen zur Herstellung von Drähten und Befestigungselementen für Flugzeugtriebwerke, Drahtdurchmesser 0,15 mm, Temperaturbeständigkeit 900 °C, Lebensdauer 300–1000 Tonnen, verwendet in Turbinenschaufeln und Rumpfverbindern.

Hartmetall-Drahtziehsteine Drahtziehsteine aus Verbundwerkstoffen

Gestreckter Kohlefaser-Verbunddraht, Verarbeitung von Leichtdraht, Lebensdauer 200–800 Tonnen, geeignet für UAV- und Satellitenkomponenten.

Hartmetall-Drahtziehstein Mikro-Drahtziehstein

Durch Strecken von ultrafeinem Titandraht wird Sensordraht für die Luftfahrt hergestellt. Drahtdurchmesser 0,010,5 mm, Lebensdauer 100.500 Tonnen, Verwendung in Präzisionsinstrumenten.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.5 Hardware und Energie

Hartmetall-Drahtziehstein Rohrziehstein

Durch das Strecken von Edelstahl- und Kupferrohren werden Energieleitungen und Wärmeaustauschrohre mit einem Durchmesser von 250 mm und einer Lebensdauer von 500–2000 Tonnen hergestellt, die in Kernkraftwerken und Ölpipelines verwendet werden.

Hartmetall-Drahtziehsteine, Stabdrahtziehsteine

Strecken von Kupfer- und Aluminiumstangen, Verarbeiten von Hardwareteilen und leitfähigen Stangen, Stangendurchmesser 530 mm, Lebensdauer 500–2000 Tonnen, geeignet für Kraftgeräte.

Hartmetall-Drahtziehstein, Runddrahtziehstein

Durch Strecken von Stahldraht werden Stahlseile und Drahtgeflechte hergestellt, Drahtdurchmesser 0,15 mm, Lebensdauer 500–2000 Tonnen, Verwendung in Reifen und Schutznetzen.

5. Produktvorteile

Hartmetall-Drahtziehsteine sind aufgrund ihrer hervorragenden Leistung führend auf dem Markt für Drahtziehsteine:

Ultralange Lebensdauer: Verschleißfestigkeit und Härte verlängern die Lebensdauer um das 515-fache und die Kosten für einen einzelnen Drahtzug werden um 4070 % reduziert.

Effiziente Verarbeitung: Unterstützt Hochgeschwindigkeitsstrecken (130 m/s) und hohe Zugkraft (10.500 kN) und steigert so die Produktionseffizienz um 2050 %.

Hohe Präzision: Matrizenlochgenauigkeit $\pm 0,001$ mm, Drahtoberflächenrauheit $Ra\ 0,10,4\ \mu m$, erfüllt die hohen Anforderungen der Medizin und Luftfahrt.

Flexible Anpassung: Für unterschiedliche Arbeitsbedingungen stehen verschiedene Typen (rund, Sonderform, Miniatur usw.), Matrizenlochgrößen (0,00550 mm) und Beschichtungen (TiN, DLC) zur Verfügung.

Umweltanpassungsfähigkeit: hohe Temperaturbeständigkeit (700–900 °C), Korrosionsbeständigkeit (pH 210), anpassungsfähig an trockene, nasse und chemische Umgebungen.

Umweltfreundliche Herstellung: Hohe Haltbarkeit reduziert Formenwechsel und Abfall, im Einklang mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung.

6. Technische Herausforderungen und Verbesserungsrichtungen für Hartmetall-Drahtziehsteine

6.1 Technische Herausforderungen bei Hartmetall-Drahtziehsteinen

Verarbeitungsschwierigkeiten

Hartmetall weist eine hohe Härte (HRA 8892) auf, die extrem hohe Anforderungen an Verarbeitungsgeräte und Werkzeuge stellt. Diamantschleifscheiben verschleissen schnell und die Genauigkeit der Matrizenbohrung ist schwer zu stabilisieren (Toleranz $\leq \pm 0,001$ mm).

Fragilitätsrisiko

Bei Materialien mit hoher Härte kann es bei hoher Zugkraft (> 500 kN) oder unsachgemäßer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Konstruktion zu Mikrorissen oder zum Zusammenbruch der Matrizenlöcher kommen, was sich auf die Lebensdauer auswirkt.

Probleme mit dem Wärmemanagement

Beim Hochgeschwindigkeitsstrecken ($> 20 \text{ m/s}$) entsteht Reibungswärme, die insbesondere bei hohen Temperaturen zu einer Erweichung der Matrizenoberfläche oder einem Ablösen der Beschichtung führen kann.

Komplexe Materialanpassungsfähigkeit

Hochfester Stahl ($\text{HRC} > 40$), Titanlegierungen oder Verbunddrähte stellen hohe Anforderungen an die Geometrie der Matrizenlöcher und die Oberflächenbehandlung und sind anfällig für Verschleiß oder Drahtoberflächendefekte.

Einschränkungen durch extreme Arbeitsbedingungen

Bei extrem hohen Temperaturen ($> 900 \text{ }^\circ\text{C}$) oder in einer stark sauren Umgebung ($\text{pH-Wert} < 2$) verschlechtert sich die Leistung herkömmlicher Beschichtungen und Bindungsphasen und die Lebensdauer verkürzt sich um 50–70 %.

6.2 Technische Verbesserungsrichtung von Hartmetall-Drahtziehsteinen

Fortschrittliche Verarbeitungstechnologie

Entwickeln Sie die Laser-Mikrobearbeitung und das Ultrapräzisionsschleifen, verbessern Sie die Formlochgenauigkeit auf $\pm 0,0005 \text{ mm}$, reduzieren Sie den Werkzeugverschleiß um 30 % und machen Sie es für Mikro- und Sonderformen geeignet.

Robustes, verbessertes Design

Die Verwendung einer Gradientenstruktur (hohe Härte HRA 9092 auf der Oberfläche, hohe Bruchzähigkeit $> 9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ im Inneren) oder einer CoNi-Verbundbindungsphase kann die Risswachstumsbeständigkeit um 20–30 % erhöhen und die Rissbildung in Matrizenlöchern verringern.

Effizientes Wärmemanagement

Optimieren Sie das Kühlsystem der Form (Kühlmitteldruck 510 MPa, Durchflussrate 25 l/min), um die Arbeitstemperatur um 100–150 $^\circ\text{C}$ zu senken. Entwickeln Sie adaptive Beschichtungen (wie TiAlN/AlCrSi, Temperaturbeständigkeit 1000 $^\circ\text{C}$), um die thermische Erweichung zu verringern.

Komplexe Materialoptimierung

Entwerfen Sie reibungsarme Beschichtungen (wie DLC, Reibungskoeffizient 0,080,15) und optimieren Sie die Geometrie der Matrizenlöcher (Eintrittswinkel 5° – 15° , reduzierte Oberflächenlänge 0,52 mm), um Drahtoberflächendefekte zu reduzieren; entwickeln Sie Matrizenlöcher aus PCD (polykristallinem Diamant), erhöhen Sie die Härte auf HV 8000 und verlängern Sie die Lebensdauer um das 20-fache.

Anpassung an extreme Arbeitsbedingungen

Entwicklung von Nano-Mehrschichtbeschichtungen (wie AlCrSi/TiN, Dicke 13 μm , Härte HV 3500) oder Verbundwerkstoffen auf Keramikbasis (WCSiC) mit einer erhöhten Temperaturbeständigkeit auf 1100 $^\circ\text{C}$ und einer Korrosionsrate bei starker Säure ($\text{pH } 12$) von $< 0,02 \text{ mm/Jahr}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Intelligentes Design

Mithilfe von KI werden die Ziehkraft (Fehler < 5 %) und das Verschleißverhalten simuliert, der Matrizenlochwinkel (Abweichung < 0,2°) und die Oberflächenrauheit ($R_a < 0,05 \mu\text{m}$) optimiert und die Stabilität des Drahtziehens verbessert. Es werden selbstdiagnostische Drahtziehmatrizen entwickelt, die Temperatur und Verschleiß in Echtzeit überwachen und so die Lebensdauer um 10–20 % verlängern.

7. Fazit

Hartmetall-Drahtziehmatrizen haben sich aufgrund ihrer hohen Härte (HRA 8892), ausgezeichneten Zähigkeit ($6,0\text{--}9,0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) und extrem langen Lebensdauer (100–3000 Tonnen Draht) zu den bevorzugten Ziehwerkzeugen in den Bereichen Draht und Kabel, Drahtseile, Federherstellung, medizinische Führungsdrähte, Luft- und Raumfahrt usw. entwickelt. Die große Vielfalt (Rundmatrizen, Mikromatrizen, Sonderformen, Mehrstufenmatrizen usw.) und die präzisen Spezifikationen (Matrizenlochdurchmesser $0,00550 \text{ mm}$, Toleranz $\pm 0,001 \text{ mm}$) erfüllen die vielfältigen Ziehanforderungen vom ultrafeinen Führungsdraht bis zum dicken Stab. Technische Daten zeigen, dass die Lebensdauer 515-mal höher ist als bei Schnellarbeitsstahlmatrizen, die Produktionseffizienz um 2050 % gesteigert ist und die Oberflächengüte des Drahtes $Ra 0,10,4 \mu\text{m}$ erreicht.

Dank fortschrittlicher Pulvermetallurgieverfahren und Beschichtungstechnologien (wie TiAlN und DLC) weisen Drahtziehsteine auch in rauen Umgebungen wie hohen Temperaturen ($700\text{--}900 \text{ }^\circ\text{C}$) und Korrosion (pH 210) eine hohe Leistung auf. Zukünftig werden Hartmetall-Drahtziehsteine durch Laserbearbeitung, PKD-Matrizenbohrungen, Nanobeschichtung, KI-Optimierung und intelligentes Design ihre Leistung weiter verbessern und ihre Anwendungsszenarien erweitern. Dies wird die effiziente, präzise und nachhaltige Entwicklung der globalen Industrie nachhaltig unterstützen.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anhang:

Hartmetalldüse

Die Hartmetalldüse ist ein Hochleistungs-Fluidsteuerungselement aus Wolframkarbid (WC), pulvermetallurgisch hergestellt und für Strahlanwendungen in Umgebungen mit hohem Druck, hohem Verschleiß und hoher Korrosionsbelastung konzipiert. Aufgrund ihrer hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit, hohen Temperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit findet sie breite Anwendung in den Bereichen Sandstrahlen, Sprühen, Wasserstrahlschneiden, Ölbohrungen, chemische Industrie, landwirtschaftliche Bewässerung und Lebensmittelverarbeitung. Dieser Artikel erläutert systematisch die Leistung und den Anwendungswert von Hartmetalldüsen unter Berücksichtigung von Materialeigenschaften, Klassifizierung und technischen Parametern, Herstellungsverfahren, Anwendungsfeldern, Leistungsvorteilen, Herausforderungen und technologischen Entwicklungstrends.

Materialzusammensetzung und Leistungsmerkmale

Materialzusammensetzung und Leistungsmerkmale von Hartmetalldüsen

Die Material- und Leistungseigenschaften von Hartmetalldüsen bestimmen ihre hervorragende Leistung in rauen Umgebungen.

Materialzusammensetzung von Hartmetalldüsen

Die Materialformel von Hartmetalldüsen ist optimiert, um ein Gleichgewicht zwischen Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit herzustellen.

Die Hartphase der Hartmetalldüse aus Wolframkarbid (WC, 8595 Gew.-%)

sorgt für hohe Härte und Verschleißfestigkeit. Einige Formulierungen enthalten zusätzlich Titankarbid (TiC, 0,53 Gew.-%) oder Tantalkarbid (TaC, 0,52 Gew.-%), um die Temperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

Die Düsenbindephase aus Hartmetall enthält

Kobalt (Co, 512 Gew.-%), das die Zähigkeit und Schlagfestigkeit verbessert, sowie Nickel (Ni, 510 Gew.-%), das in korrosionsbeständigen Formulierungen verwendet wird und für saure oder feuchte Umgebungen geeignet ist.

Spuren

von Chrom (Cr, 0,1–0,8 Gew.-%), Vanadium (V, 0,05–0,4 Gew.-%) und Molybdän (Mo, 0,1–0,6 Gew.-%) werden verwendet, um die Körner zu verfeinern, das Kornwachstum zu hemmen und die Korrosionsbeständigkeit sowie die Hochtemperaturleistung zu verbessern.

Leistungsmerkmale der Hartmetalldüse

Die Leistung von Hartmetalldüsen beruht auf ihrer optimierten Mikrostruktur und Materialzusammensetzung.

Die Härte von Hartmetalldüsen beträgt

HRA 8892 (HV 1400–1800), was deutlich höher ist als die von Edelstahl (HRC 2040) und für hochabrasives Strahlen geeignet ist.

Die Bruchzähigkeit der Hartmetalldüse beträgt

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6,09,0 MPa·m^{1/2} und ist damit etwa 25 % höher als die von gewöhnlichem Hartmetall (57 MPa·m^{1/2}), wodurch die Rissausbreitung wirksam verhindert wird.

der Hartmetalldüse

beträgt 0,0080,015 mm³/N·m (ASTM G65), was 1,52-mal niedriger ist als bei einer hochchromhaltigen Legierung und die Lebensdauer um das 515-fache verlängert.

Die Druckfestigkeit der Hartmetalldüse

beträgt 4500–6500 MPa und hält einem maximalen Einspritzdruck von 500 MPa stand.

Die Dichte der Hartmetalldüse beträgt

14.015,0 g/cm³ und ist für eine hochpräzise Installation geeignet.

Die Korrosionsbeständigkeit von Hartmetalldüsen

beträgt <0,05 mm/Jahr in einer neutralen oder schwach sauren Umgebung (pH 49); die Formel auf Nickelbasis oder mit Nickelbeschichtung hält einem pH-Wert von 210 mit einer Korrosionsrate von <0,03 mm/Jahr stand.

Die Beständigkeit von Hartmetalldüsen

reicht von 20 °C bis 800 °C, und die Beschichtungsformel kann Kurzzeitemperaturen von 1000 °C standhalten.

Mikrostruktureigenschaften von Hartmetalldüsen

Hartmetalldüsen haben eine ultrafeine Kornstruktur (0,20,5 µm) oder eine feinkörnige Struktur (0,51 µm), die folgende Vorteile bietet:

Hohe Härte und Festigkeit: Kleine Körner erhöhen die Korngrenzendichte, folgen dem Hall-Petch-Effekt und verbessern die Verschleißfestigkeit.

Verbesserte Zähigkeit: Durch die Kornverfeinerung werden Spannungen verteilt, das Risiko der Rissausbreitung verringert und die Schlagfestigkeit um 20–30 % verbessert.

Oberflächenstabilität: Reduziert den Verschleiß, erhält die Oberflächenbeschaffenheit der Düsenöffnung und gewährleistet Einspritzgenauigkeit und Lebensdauer.

2. Klassifizierung und technische Parameter von Hartmetalldüsen

Klassifizierung und technische Parameter von Hartmetalldüsen

Hartmetalldüsen werden je nach Sprühmedium und Anwendungsszenarien in verschiedene Typen unterteilt, um unterschiedlichen industriellen Anforderungen gerecht zu werden.

Klassifizierung und Verwendung von Hartmetalldüsen

Im Folgenden finden Sie eine Zusammenfassung der Klassifizierung, technischen Parameter und Verwendung von Hartmetalldüsen (basierend auf ISO-Normen, ASTM-Spezifikationen und Branchendaten):

Klassifizierungs- und Anwendungstabelle von Hartmetalldüsen

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Sandstrahldüse	Hochverschleißfeste	Oberflächenbehandlung	Düsendurchmesser

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Sandstrahldüse	Ausführung, geeignet zum Strahlen.	(Entrosten, Entgraten), 212 mm, Länge Schiffsbau (Rumpfstrahlen), 50200 mm, HRA Bauwesen (Betonreinigung), 8892, Lebensdauer Strahlsand, Stahlkies. 5002000 Stunden.
Wasserstrahldüse Wasserstrahldüse	Hochdruckwasserstrahl, geeignet zum Schneiden harter Materialien.	Luft- und Raumfahrt (Schneiden von Titanlegierungen), Düsendurchmesser Automobilindustrie 0,12 mm, Länge (Schneiden von 20100 mm, HRA Verbundwerkstoffen), 9092, Lebensdauer Steinbearbeitung (Marmor), 2001000 Stunden. Hochdruckwasserstrahlen (300–400 MPa).
Sprühdüse Sprühbeschichtungsdüse	Präzises Auftragen von Farbe oder Keramikbeschichtungen.	Luftfahrt (Beschichtung von Turbinenschaufeln), Düsendurchmesser Automobil 0,55 mm, Länge (Motorbeschichtung), 30150 mm, HRA Elektronik (Beschichtung von Leiterplatten), Besprühen von 8891, Lebensdauer Keramik, Metallpulver. 3001500 Stunden.
Ölfelddüsen Ölfelddüse	Hohe Druck- und Korrosionsbeständigkeit, geeignet zum Bohren und Spülen.	Ölbohrungen (Bohrflüssigkeitseinspritzung), Düsendurchmesser Erdgasexploration 315 mm, Länge (Bohrlochreinigung), Bergbau 50150 mm, HRA (Schlammeinspritzung), 8992, Lebensdauer Injektionsbohrflüssigkeit, 5002000 Stunden. chemische Flüssigkeit.
Zerstäuberdüse Zerstäuberdüse	Fein zerstäubter Sprühnebel, geeignet zur Flüssigkeitsverteilung.	Landwirtschaft (Versprühen von Pestiziden), chemische Düsendurchmesser Industrie 0,23 mm, Länge (Flüssigkeitszerstäubung), 20100 mm, HRA Umweltschutz 8891, Lebensdauer (Abgasbehandlung), Sprühen von Wasser, chemischen 5002000 Stunden. Flüssigkeiten, Öl.
Brenndüse Brennerdüse	Hochtemperaturbeständige Ausführung, geeignet für Kraftstoff- oder Gaseinspritzung.	Energie (Kesselverbrennung), Düsendurchmesser chemische Industrie 110 mm, Länge (Hochtemperaturreaktion), 30120 mm, HRA Metallurgie 8992, Lebensdauer (Ofeneinspritzung), 3001500 Stunden.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

		Einspritzheizöl, Erdgas.	
Mikrodüse Mikrodüse	Ultrakleines Düsenloch, geeignet für hochpräzise Injektion.	Medizin (Medikamentenspray), Elektronik (Chipreinigung), Luftfahrt (Präzisionsbeschichtung), Sprühen von Flüssigkeiten, Gasen und Partikeln.	Düsendurchmesser 0,050,5 mm, Länge 1050 mm, HRA 9092, Lebensdauer 2001000 Stunden.
Korrosionsbeständige Düsen Korrosionsbeständige Düse	Beständig gegen starke Säuren und Laugen, geeignet für chemische Umgebungen.	Chemische Industrie (Einspritzung von Säure- und Laugenlösungen), Umweltschutz (Entschwefelung und Denitrifikation), Meerestechnik (Einspritzung von Meerwasser), Einspritzung von starker Säure, starker Lauge und Meerwasser.	Düsendurchmesser 110 mm, Länge 30150 mm, HRA 8891, Lebensdauer 5002000 Stunden.
Düse zur Herstellung von Milchpulver Milchpulver-Sprühdüse	Speziell für die Sprühtrocknung entwickelt, um Emulsionen gleichmäßig zu zerstäuben.	Lebensmittelverarbeitung (Milchpulver, Milchpulverherstellung), Landwirtschaft (Verarbeitung von Milchprodukten), Sprühemulsion, Molkeflüssigkeit, Herstellung von Säuglingsmilchpulver, Milchpulver.	Düsendurchmesser 0,53 mm, Länge 20100 mm, HRA 8891, Lebensdauer 5002000 Stunden.

Technische Parameter von Hartmetalldüsen

Die technischen Parameter von Hartmetalldüsen gewährleisten ihre Anpassungsfähigkeit an eine Vielzahl industrieller Anwendungen:

Größe:

Düsendurchmesser: 0,0515 mm (üblicherweise werden 0,112 mm verwendet).

Düsenlänge: 10200 mm (üblicherweise 20150 mm).

Toleranz: $\pm 0,001$ mm (Mikrodüsen, Milchpulverherstellungsdüsen) bis $\pm 0,01$ mm (Universaldüsen).

Gewicht: 0,011 kg pro Stück, geeignet für manuelle oder automatisierte Geräte.

Oberflächenrauheit: Düsenloch Ra 0,050,2 μm , Einspritzfläche Ra 0,10,4 μm .

Härtegrad:

Standard: HRA 8891 (Allzwecksprühen, Milchpulverherstellung).

Hohe Härte: HRA 9092 (Wasserstrahl, Mikrodüse).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Materialformel:

WCCo (Allzweck): Kobaltgehalt 510 %, HRA 8891, hohe Zähigkeit.

WCNi (korrosionsbeständiger Typ): Nickelgehalt 510 %, beständig gegen Säuren und Laugen, geeignet für die Herstellung von Milchpulver.

WCTiCTaC (Hochtemperaturtyp): Temperaturbeständigkeit 800–1000 °C.

Injektionsparameter:

Einspritzdruck: 0,1500 MPa (höchster Wert für Wasserstrahl, 0,55 MPa für die Milchpulverherstellung).

Strahlgeschwindigkeit: 101000 m/s (je nach Medium).

Durchflussrate: 0,01100 l/min (Milchpulverherstellung 0,110 l/min).

Oberflächenbehandlung:

Polieren: Sprühloch Ra 0,020,1 µm, reduziert Reibung und Verstopfung, geeignet für die Milchpulverherstellung.

Beschichtung:

TiN: Härte HV 2000–2500, Verschleißfestigkeit um das Zweifache erhöht.

TiAlN: Temperaturbeständig bis 900°C, geeignet für Hochtemperaturspritzen.

AlCrSi/TiN: Temperaturbeständigkeit 1000 °C, Lebensdauer um das Dreifache verlängert.

DLC: Reibungskoeffizient 0,080,15, geeignet zum Flüssigkeits- und Emulsionsspritzen.

Einhaltung von Standards:

Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.

ASTM B771 (Verschleißtest), ISO 3878 (Härtetest).

Zertifizierung für Lebensmittelqualität: Die Düse zur Herstellung von Milchpulver entspricht den FDA/EU-Standards für den Lebensmittelkontakt.

3. Herstellungsprozess der Hartmetalldüse

Bei der Herstellung von Hartmetalldüsen kommt modernste Pulvermetallurgietechnologie zum Einsatz, um sicherzustellen, dass die Materialeigenschaften, die Düsengenauigkeit und die Oberflächenqualität den Industriestandards entsprechen.

Die Rohstoffe für Hartmetalldüsen

sind hochreines Wolframkarbid (WC, Reinheit > 99,95 %), Kobalt (Co, Reinheit > 99,9 %) und Additive (wie TiC, TaC, Cr). Die Pulver werden durch Nassmahlen (Alkohol oder deionisiertes Wasser, Kugelmahlen für 2472 Stunden) gemischt, wobei die durchschnittliche Partikelgröße auf 0,20–8 µm festgelegt wird. VC oder Cr₃C₂ (0,10–4 Gew.-%) wird als Korninhibitor hinzugefügt, um Kornwachstum beim Hochtemperaturesintern zu verhindern.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartmetalldüsenformung

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Das Pulver wird bei 200–400 MPa zu einem Grünkörper mit einer Dichte von 50–60 % des theoretischen Wertes gepresst.

Präzisionsformen: Zum Formen des Düsenkörpers und des ersten Sprühlochs werden hochpräzise Formen (Toleranz $\pm 0,05$ mm) verwendet.

Sprühtrocknung: Bereiten Sie fließfähige Partikel vor und verbessern Sie die Gleichmäßigkeit und Festigkeit von Grünkörpern.

Sintern einer Hartmetalldüse

Vorsintern: 900–1100 °C, um organische Zusätze zu entfernen.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1350–1450 °C, 100–200 MPa, Argonumgebung, Sintern für 23 Stunden, Dichte 99,8–100 %.

Kühlungssteuerung: Progressive Kühlung (1015 °C/min) zur Vermeidung von Mikrorissen durch thermische Spannung.

Nachbearbeitung von Hartmetalldüsen

Präzisionsschleifen

Verwenden Sie eine Diamantschleifscheibe, um das Düsenloch mit einer Toleranz von $\pm 0,001$ mm und einer Oberflächenrauheit von Ra 0,050,2 μ m zu bearbeiten.

Laserbearbeitung

Optimieren Sie die Düsenform (kreisförmig, fächerförmig) mit einer Genauigkeit von $\pm 0,0005$ mm, geeignet für Mikrodüsen und Düsen zur Milchpulverherstellung.

Polieren

Ultrapräzises Polieren, Sprühloch Ra 0,020,1 μ m, optimierte Sprühgleichmäßigkeit, besonders geeignet für Emulsionssprühen.

Oberflächenverstärkung

Beschichtungen (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) verbessern die Verschleißfestigkeit und Hitzebeständigkeit;

Für Düsen zur Herstellung von Milchpulver wird vorzugsweise eine DLC-Beschichtung in Lebensmittelqualität verwendet.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: HRA/HV, Fehler $\pm 0,5$.

Mikrostrukturanalyse: Mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurde die Korngröße (0,20,8 μ m) untersucht.

Dimensionsmessung: optisches Messgerät, Genauigkeit $\pm 0,0005$ mm.

Zerstörungsfreie Prüfung: Ultraschallprüfung zum Erkennen innerer Defekte.

Zertifizierung für Lebensmittelqualität: Die Düse zur Herstellung von Milchpulver hat den FDA/EU-Test für Materialien mit Lebensmittelkontakt bestanden.

4. Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsszenarien von Hartmetalldüsen

Einsatz und Anwendung von Hartmetalldüsen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Hartmetalldüsen werden aufgrund ihrer hohen Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und präzisen Sprühfähigkeit häufig in den folgenden Bereichen eingesetzt:

Oberflächenbehandlung der Hartmetalldüse

Sandstrahldüse

Es kann Sand und Stahlschrot zum Entfernen von Schiffsrost, zum Entgraten von Autoteilen und zur Reinigung von Betonoberflächen versprühen. Der Druck beträgt 1050 MPa und die Lebensdauer 500–2000 Stunden. Es eignet sich für den Schiffbau und die Bauindustrie.

Sprühdüse

Aufsprühen von Keramik- und Metallpulvern zur Herstellung von Beschichtungen für Turbinenschaufeln in der Luftfahrt und verschleißfesten Beschichtungen für Automotoren mit einer Lebensdauer von 300–1500 Stunden, die in der Luftfahrt und im Automobilbau verwendet werden.

Wasserstrahldüse

Hochdruck-Wasserschneiden von Titanlegierungen, Verbundwerkstoffen, Marmor, Druck 300–400 MPa, Lebensdauer 200–1000 Stunden, geeignet für die Luft- und Raumfahrt und die Steinbearbeitung.

Hartmetalldüsen Öl & Energie

Ölfelddüsen

Strahlbohrflüssigkeit, chemische Flüssigkeit, verwendet für Ölbohrungen, Bohrlochreinigung, Druck 50200 MPa, Lebensdauer 500–2000 Stunden, Korrosionsbeständigkeit (pH 210), verwendet bei Tiefbrunnenbohrungen.

Brenndüse

Es wird zum Versprühen von Heizöl und Erdgas sowie zur Verbrennung in Kesseln und Öfen verwendet. Es hat eine Temperaturbeständigkeit von 800 °C und eine Lebensdauer von 300–1500 Stunden. Es eignet sich für die Wärmekrafterzeugung und die metallurgische Industrie.

Wasserstrahldüse

Zur Reinigung von Wärmetauschern und Rohrleitungen, Druck 100–300 MPa, Lebensdauer 200–1000 Stunden, verwendet in der Kernkraft- und Petrochemieindustrie.

Hartmetalldüse Chemische Industrie und Umweltschutz

Korrosionsbeständige Düsen

Sprühsäure- und Alkalilösungen, Meerwasser, verwendet für chemische Reaktionen, Entschwefelung und Denitrifikation, beständig bis pH 210, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet für die chemische Industrie und den Schiffsbau.

Zerstäuberdüse

Zerstäubte chemische Flüssigkeit, Abgasbehandlungsflüssigkeit, verwendet für Abgasreinigung, Kühlturm, Durchflussrate 0,110 l/min, Lebensdauer 500–2000 Stunden, verwendet im Umweltschutz und in der chemischen Industrie.

Sprühdüse

Korrosionsschutz-Sprühbeschichtung zum Schutz von Lagertanks und Rohrleitungen, mit einer Lebensdauer von 300–1500 Stunden, geeignet für die Herstellung chemischer Geräte.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hartmetalldüsen Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung

Zerstäuberdüse

Sprühen von Pestiziden und Düngemitteln für die präzise landwirtschaftliche Bewässerung, Durchflussrate 0,055 l/min, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet zum Besprühen von Feldfrüchten und Obstgärten.

Düse zur Herstellung von Milchpulver

Sprühtrocknungsemulsion und Molkeflüssigkeit, Herstellung von Säuglingsmilchpulver und Milchpulver, Druck 0,55 MPa, Durchflussrate 0,110 l/min, Lebensdauer 500–2000 Stunden, entspricht den Lebensmittelstandards, geeignet für die Milchverarbeitung und Lebensmittelindustrie.

Korrosionsbeständige Düsen

Sprühreinigungsflüssigkeit und Desinfektionsmittel zur Reinigung landwirtschaftlicher Geräte, beständig bis pH 11, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet für Gewächshäuser und Bauernhöfe.

Hartmetalldüsen Medizin und Elektronik

Mikrodüse

Sprüh-Medikamentenzerstäubungsflüssigkeit und Reinigungsflüssigkeit für Inhalatoren und Chipreinigung, mit einer Düsengröße von 0,05–0,5 mm und einer Lebensdauer von 200–1000 Stunden, geeignet für die Medizin- und Elektronikindustrie.

Korrosionsbeständige Düsen

Sprühdesinfektionsmittel, zur Reinigung medizinischer Geräte, beständig bis pH 11, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet für Krankenhäuser und Labore.

Sprühdüse

Leitfähige Sprühbeschichtung, verwendet für die Leiterplattenherstellung, Lebensdauer 300–1500 Stunden, geeignet für die Halbleiterindustrie.

Hartmetalldüsen Luft- und Raumfahrt

Wasserstrahldüse

Schneiden von Kohlefaserverbundwerkstoffen und Titanlegierungen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm und einer Lebensdauer von 200–1000 Stunden. Geeignet für die Herstellung von Flugzeugflügeln und Satellitenkomponenten.

Sprühdüse

Aufsprühbare Keramikbeschichtung, verwendet in Flugzeugtriebwerken, mit einer Lebensdauer von 300–1500 Stunden, geeignet für hochpräzise Beschichtungsverfahren.

Mikrodüse

Präzisionssprühen von Gas und Flüssigkeit, verwendet für die Sensorherstellung, Düsenloch 0,05–0,5 mm, Lebensdauer 200–1000 Stunden, geeignet für Luftfahrtinstrumente.

Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsszenarien von Hartmetalldüsen

Dank ihrer hohen Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und präzisen Sprühfähigkeit werden Hartmetalldüsen häufig in der Oberflächenbehandlung, der Erdöl- und Energieindustrie, im Chemie- und Umweltschutz, in der Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung, in der Medizin

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

und Elektronik, der Luft- und Raumfahrt und anderen Bereichen eingesetzt. Im Folgenden sind die spezifischen Anwendungen und Anwendungsszenarien in verschiedenen Bereichen aufgeführt, die systematisch in Tabellenform aufgeführt sind.

Industrie Feld	Produkt (Düsentyp)	Zweck und Anwendungsszenarien	Leistungsparameter
Oberflächenbehandlung	Sandstrahldüse Sandstrahldüse	Sand- und Stahlkugelstrahlen wird zum Entrosten von Schiffen, zum Entgraten von Autoteilen und zum Reinigen von Schiffsbau und Betonoberflächen eingesetzt.	Druck 1050 MPa, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet für den Bauindustrie.
	Sprühdüse Sprühbeschichtungsdüse	Aufsprühen von Keramik- und Metallpulvern zur Herstellung von Beschichtungen für Turbinenschaufeln in der Luftfahrt und verschleißfesten Beschichtungen für Automotoren.	Lebensdauer 300–1500 Stunden, geeignet für die Luftfahrt und den Automobilbau.
	Wasserstrahldüse Wasserstrahldüse	Hochdruckwasserschneiden von Titanlegierungen, Verbundwerkstoffen und Marmor.	Druck 300–400 MPa, Lebensdauer 200–1000 Stunden, geeignet für die Luft- und Raumfahrt und Steinverarbeitung.
Öl und Energie	Ölfelddüsen Ölfelddüse	Bohrspülflüssigkeit und chemische Flüssigkeit für Ölbohrungen und Bohrlochreinigung.	Druck 50200 MPa, Lebensdauer 500–2000 Stunden, Korrosionsbeständigkeit (pH 210), Verwendung bei Tiefbrunnenbohrungen.
	Brenndüse Brennerdüse	Injektion von Heizöl und Erdgas zur Verbrennung in Kesseln und Öfen.	Mit einer Temperaturbeständigkeit von 800 °C und einer Lebensdauer

			von 300–1500 Stunden eignet es sich für die Wärmekrafterzeugung und die metallurgische Industrie.
	Wasserstrahldüse Wasserstrahldüse	Wärmetauscher und Rohre reinigen.	Druck 100–300 MPa, Lebensdauer 200–1000 Stunden, wird in der Kernenergie- und Petrochemieindustrie verwendet.
Chemische Industrie und Umweltschutz	Korrosionsbeständige Düsen Korrosionsbeständige Düse	Sprühen Sie Säure- und Alkalilösungen sowie Meerwasser für chemische Reaktionen, Entschwefelung und Denitrifikation.	Beständig bis pH 210, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet für die chemische Industrie und den Schiffsbau.
	Zerstäuberdüse Zerstäuberdüse	Zerstäubte chemische Flüssigkeit, Abgasbehandlungsflüssigkeit, verwendet zur Abgasreinigung und für Kühltürme.	Durchflussrate 0,110 l/min, Lebensdauer 500–2000 Stunden, wird im Umweltschutz und in der chemischen Industrie verwendet.
	Sprühdüse Sprühbeschichtungsdüse	Aufsprühen einer Korrosionsschutzbeschichtung zum Schutz von Tanks und Rohrleitungen.	Lebensdauer 300–1500 Stunden, geeignet für die Herstellung chemischer Geräte.
	Zerstäuberdüse Zerstäuberdüse	Sprühen Sie Pestizide und Düngemittel für eine präzise landwirtschaftliche Bewässerung.	Durchflussrate 0,055 l/min, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet zum Besprühen von Feldfrüchten und Obstgärten.
Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung	Düse zur Herstellung	Sprühtrocknung	von Druck 0,55 MPa,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	von Milchpulver Milchpulver- Sprühdüse	Emulsionen Molkenflüssigkeiten Herstellung Säuglingsmilchpulver Milchpulver.	und zur von 500–2000 Stunden, entspricht den Lebensmittelstandar ds, geeignet für die Milchverarbeitung und Lebensmittelindustri e.
	Korrosionsbeständig e Düse	Reinigungs- Desinfektionsspray Reinigung landwirtschaftlicher Geräte.	Beständig bis pH und 210, Lebensdauer zur 500–2000 Stunden, geeignet für Gewächshäuser und Bauernhöfe.
Medizin und Elektronik	Mikrodüse	Sprühflüssigkeit zur Medikamentenzerstäubung und Reinigungsflüssigkeit zum Reinigen von Inhalatoren und Chips.	Die Düsenöffnung beträgt 0,05–0,5 mm und die Lebensdauer beträgt 200–1000 Stunden. Es ist für die Medizin- und Elektronikindustrie geeignet.
	Korrosionsbeständig e Düsen Korrosionsbeständig e Düse	Sprühdesinfektionsmittel zur Reinigung medizinischer Geräte.	Beständig bis pH 210, Lebensdauer 500–2000 Stunden, geeignet für Krankenhäuser und Labore.
	Sprühbeschichtungs düse	Aufsprühen leitfähiger Beschichtungen für die Leiterplattenherstellung.	Lebensdauer 300– 1500 Stunden, geeignet für die Halbleiterindustrie.
Luft- und Raumfahrt	Wasserstrahldüse	Schneiden von Kohlefaserverbundwerksto ffen , Titanlegierungen.	Genauigkeit: $\pm 0,01$ mm, Lebensdauer: 200–1000 Stunden, geeignet für die Herstellung von Flugzeugflügeln und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

			Satellitenkomponenten.
	Sprühbeschichtungsdüse	Aufsprühen von Keramikbeschichtungen für Flugzeugtriebwerke.	Lebensdauer 300–1500 Stunden, geeignet für hochpräzise Beschichtungsprozesse.
	Mikrodüse	Injektion von Präzisionsgasen und -flüssigkeiten für die Sensorherstellung.	Die Düsenöffnung beträgt 0,05–0,5 mm und die Lebensdauer beträgt 200–1000 Stunden, was für Luftfahrtinstrumente geeignet ist.

5. Leistungsvorteile

Leistungsvorteile von Hartmetalldüsen

Hartmetalldüsen bieten im Bereich der Einspritztechnik erhebliche Vorteile:

Ultralange Lebensdauer

Verschleißfestigkeit und Härte verlängern die Lebensdauer um das 515-fache und reduzieren die Kosten pro Verwendung um 4070 %.

Effizientes Sprühen

Es unterstützt Hochdruckeinspritzung (0,1500 MPa) und Hochgeschwindigkeitsflüssigkeit (101000 m/s) und die Einspritzeffizienz wird um 2050 % verbessert.

Hohe Präzision

Die Düsenlochgenauigkeit beträgt $\pm 0,001$ mm und die Sprühoberflächenrauheit beträgt $Ra\ 0,10,4\ \mu m$, was den hohen Anforderungen der Luftfahrt, Medizin und Lebensmittelverarbeitung entspricht.

Flexible Anpassung

Passend zu den unterschiedlichen Arbeitsbedingungen stehen verschiedene Typen (Sandstrahlen, Wasserstrahl, Zerstäubung, Milchpulverherstellung etc.), Düsengrößen (0,0515 mm) und Beschichtungen (TiN, DLC) zur Verfügung.

Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

Hochtemperaturbeständig (800–1000 °C), korrosionsbeständig (pH 210), anpassbar an Schleifmittel, chemische Flüssigkeiten, Emulsionen und Hochtemperaturumgebungen.

Grüne Fertigung

Durch die hohe Haltbarkeit werden Düsenwechsel und Abfall reduziert, wodurch Nachhaltigkeitsziele erreicht werden.

6. Technische Herausforderungen und Verbesserungsvorschläge

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Technische Herausforderungen und Verbesserungsrichtungen bei Hartmetalldüsen

Hartmetalldüsen stehen in der praktischen Anwendung vor mehreren technischen Herausforderungen und müssen durch kontinuierliche Verbesserung Leistungsdurchbrüche erzielen.

Technische Herausforderungen bei Hartmetalldüsen

Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Hartmetalldüsen

Hartmetall weist eine hohe Härte (HRA 8892) auf, die extrem hohe Anforderungen an Verarbeitungsgeräte und Werkzeuge stellt. Diamantschleifscheiben verschleifen schnell und die Genauigkeit der Düsenlöcher ist schwer zu stabilisieren (Toleranz $\leq \pm 0,001$ mm).

Gefahr der Versprödung der Hartmetalldüse

Bei Materialien mit hoher Härte kann es unter hohem Druck (> 500 MPa) oder bei unsachgemäßer Konstruktion zu Mikrorissen oder zum Zusammenbruch der Düse kommen, was sich auf die Lebensdauer auswirkt.

Probleme des Wärmemanagements bei Hartmetalldüsen

Das Sprühen bei hohen Temperaturen (> 800 °C) oder das Sprühen mit abrasiven Mitteln bei hoher Geschwindigkeit kann insbesondere unter trockenen Bedingungen zu einer Erweichung der Öffnungsoberfläche oder zum Ablösen der Beschichtung führen.

Komplexe Medienanpassung

Flüssigkeiten mit hoher Viskosität (wie Emulsionen), hochkorrosive chemische Flüssigkeiten oder superharte Schleifmittel stellen hohe Anforderungen an die Düsengeometrie und Oberflächenbehandlung und neigen zu Verschleiß oder Verstopfung.

Extreme Arbeitsbedingungen von Hartmetalldüsen

Bei extrem hohen Temperaturen (> 1000 °C) oder in stark sauren Umgebungen (pH-Wert < 2) verschlechtert sich die Leistung herkömmlicher Beschichtungen und Haftphasen und ihre Lebensdauer verkürzt sich um 50–70 %.

Technologieverbesserungsrichtung von Hartmetalldüsen

Fortschrittliche Verarbeitungstechnologie für Hartmetalldüsen

Durch die Entwicklung von Laser-Mikrobearbeitung und Ultrapräzisionsschleifen wird die Düsenlochgenauigkeit auf $\pm 0,0005$ mm verbessert und der Werkzeugverschleiß um 30 % reduziert, was für Düsen zur Mikro- und Milchpulverherstellung geeignet ist.

Robusteres Design der Hartmetalldüse

Die Verwendung einer Gradientenstruktur (hohe Härte HRA 9092 auf der Oberfläche, hohe Bruchzähigkeit $> 9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ im Inneren) oder einer CoNi-Verbundbindungsphase kann die Risswachstumsbeständigkeit um 20–30 % erhöhen und das Zusammenfallen der Düse verringern.

Effizientes Wärmemanagement von Hartmetalldüsen

Optimieren Sie den Düsenkühlkanal (Kühlmitteldruck 510 MPa, Durchflussrate 25 l/min), um die Betriebstemperatur um 100–150 °C zu senken. Entwickeln Sie adaptive Beschichtungen (wie TiAlN/AlCrSi, Temperaturbeständigkeit 1100 °C), um die thermische Erweichung zu verringern.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Optimierung von Hartmetalldüsen für komplexe Medien

Entwerfen Sie reibungsarme Beschichtungen (wie DLC, Reibungskoeffizient 0,080,15) und optimieren Sie die Düsengeometrie (Einlasswinkel $10^{\circ}20^{\circ}$, Einspritzzonenlänge 0,52 mm), um Verstopfungen und Verschleiß zu reduzieren; entwickeln Sie PCD-Düsen (polykristalliner Diamant), erhöhen Sie die Härte auf HV 8000 und verlängern Sie die Lebensdauer um das 20-fache.

Hartmetalldüsen eignen sich für extreme Arbeitsbedingungen

Entwicklung von Nano-Mehrschichtbeschichtungen (wie AlCrSi/TiN, Dicke 13 μm , Härte HV 3500) oder Verbundwerkstoffen auf Keramikbasis (WCSiC) mit einer erhöhten Temperaturbeständigkeit auf 1200 °C und einer Korrosionsrate bei starker Säure (pH 12) von $<0,02$ mm/Jahr.

Intelligentes Design der Hartmetalldüse

Verwenden Sie KI, um den Einspritzdruck (Fehler $< 5\%$) und das Verschleißverhalten zu simulieren, den Düsenwinkel (Abweichung $< 0,2^{\circ}$) und die Oberflächenrauheit ($R_a < 0,05$ μm) zu optimieren und die Einspritzstabilität zu verbessern; entwickeln Sie selbstdiagnostische Düsen, um Temperatur und Verschleiß in Echtzeit zu überwachen und so die Lebensdauer um 1020 % zu verlängern.

7. Fazit

Dank ihrer hohen Härte (HRA 8892), hervorragenden Zähigkeit ($6,0\text{--}9,0$ $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) und extrem langen Lebensdauer (200–2000 Stunden) sind Düsen aus Hartmetall die bevorzugten Fluidsteuerungskomponenten in den Bereichen Sandstrahlen, Sprühen, Wasserstrahlschneiden, Ölbohrungen, chemische Industrie, landwirtschaftliche Bewässerung, Lebensmittelverarbeitung usw. Ihre vielfältigen Typen (Sandstrahldüsen, Wasserstrahldüsen, Zerstäuberdüsen, Düsen zur Milchpulverherstellung usw.) und präzisen Spezifikationen (Sprühlochdurchmesser 0,0515 mm, Toleranz $\pm 0,001$ mm) erfüllen ein breites Anforderungsspektrum vom Präzisionssprühen bis zum Hochdruckschneiden. Technische Indikatoren zeigen eine 515-mal höhere Lebensdauer als bei herkömmlichen Materialien, eine um 2050 % höhere Sprüheffizienz und eine Sprühoberflächenqualität von $R_a 0,10,4$ μm .

Dank fortschrittlicher Pulvermetallurgie und Beschichtungstechnologien (wie TiAlN und DLC) sind die Düsen auch in rauen Umgebungen wie hohen Temperaturen (800–1000 °C) und Korrosion (pH 210) leistungsstark. Zukünftig werden Hartmetalldüsen durch Laserbearbeitung, PKD-Düsenlöcher, Nanobeschichtung, KI-Optimierung und intelligentes Design ihre Leistung weiter verbessern und ihre Anwendungsszenarien erweitern. Dies leistet einen wichtigen Beitrag zur effizienten, präzisen und nachhaltigen Entwicklung der globalen Industrie.

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



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Kundenspezifische Bearbeitung von Hartmetalldüsen

Hartmetalldüsen zeichnen sich durch Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, hohe Temperaturbeständigkeit und lange Lebensdauer aus. Sie werden häufig beim Sandstrahlen, Sprühen, Wasserstrahlschneiden, Ölbohren, in der chemischen Industrie, Landwirtschaft, Lebensmittelverarbeitung und anderen Bereichen eingesetzt.

Hauptmerkmale von Hartmetalldüsen

- Härte: HRA 8892
- Präzision: Düsentoleranz ±0,001 mm, Oberflächenrauheit Ra 0,10,4 µm.
- Anpassungsfähigkeit: Temperaturbeständigkeit 800–1000 °C, Korrosionsbeständigkeit pH 210.
- Effizienz: Unterstützt Hochdruckeinspritzung (0,1500 MPa), mit einer um 2050 % gesteigerten Effizienz.
- Lebensdauer: Hervorragende Verschleißfestigkeit, die Lebensdauer ist 515-mal so hoch wie bei herkömmlichen Materialien.
- Anpassung: verschiedene Arten (Sandstrahlen, Zerstäuben, Milchpulverherstellung usw.), geeignet für verschiedene Arbeitsbedingungen.

Haupttypen von Hartmetalldüsen

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Sandstrahldüse Sandstrahldüse	Hochverschleißfeste Ausführung, geeignet zum Strahlen.	Entrosten von Schiffen, Entgraten von Autoteilen und Betonreinigung.	Düsendurchmesser 212 mm, Länge 50200 mm,
Wasserstrahldüse Wasserstrahldüse	Hochdruckwasserstrahl, geeignet zum Schneiden harter Materialien.	Schneiden von Titanlegierungen für die Luft- und Raumfahrt, Schneiden von Verbundwerkstoffen für die Automobilindustrie, Steinbearbeitung.	Der Düsendurchmesser beträgt 0,12 mm. Länge 20100 mm,
Sprühdüse Sprühbeschichtungsdüse	Präzises Aufsprühen von Farbe oder Keramikbeschichtungen.	Beschichtung von Turbinenschaufeln in der Luftfahrt, Beschichtung von Automotoren, Besprühen von elektronischen Leiterplatten.	Der Düsendurchmesser beträgt 0,55 mm. Länge 30150 mm,
Ölfelddüsen Ölfelddüse	Hohe Druck- und Korrosionsbeständigkeit, geeignet zum Bohren und Spülen.	Injektion von Ölbohrflüssigkeit, Reinigung von Erdgasbohrlöchern, Injektion von	Düsendurchmesser 315 mm, Länge 50150 mm,

		Bergbauschlamm.	
Zerstäuberdüse Zerstäuberdüse	Fein zerstäubter Sprühnebel, geeignet zur Flüssigkeitsverteilung.	Versprühen landwirtschaftlicher Pestizide, Zerstäuben chemischer Flüssigkeiten, Behandlung von Umweltabgasen.	Der Düsendurchmesse r beträgt 0,23 mm. Länge 20100 mm,
Brenndüse Brennerdüse	Hochtemperaturbeständig e Ausführung, geeignet für Kraftstoff- oder Gaseinspritzung.	Energiekesselverbrennun g, chemische Hochtemperaturreaktion, Einspritzung in metallurgischen Öfen.	Düsendurchmesse r 110 mm, Länge 30120 mm,
Mikrodüse Mikrodüse	Ultrakleines Düsenloch, geeignet für hochpräzise Injektion.	Medizinisches Medikamentenspray, Reinigung elektronischer Chips, Präzisionsbeschichtung für die Luftfahrt.	Düsendurchmesse r 0,050,5 mm, Länge 1050
Korrosionsbeständige Düsen Korrosionsbeständige Düse	Beständig gegen starke Säuren und Laugen, geeignet für chemische Umgebungen.	Injektion chemischer Säure- und Alkalilösungen, Umweltschutz, Entschwefelung und Denitrifikation, Meerwasserinjektion im Meeresbau.	Düsendurchmesse r 110 mm, Länge 30150 mm,
Düse zur Herstellung von Milchpulver Milchpulver-Sprühdüse	Speziell für die Sprühtrocknung entwickelt, um Emulsionen gleichmäßig zu zerstäuben.	Herstellung von Milchpulver für die Lebensmittelverarbeitung und Verarbeitung landwirtschaftlicher Milchprodukte gemäß den FDA/EU-Standards für den Lebensmittelkontakt.	Der Düsendurchmesse r beträgt 0,53 mm. Länge 20100 mm,

CTIA GROUP LTD

3. Stock, Nr. 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Xiamen, 361008

05925129595 , 18750234579

E-Mail: info@ctia.group

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-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

Kundenspezifische Bearbeitung von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

Hartmetall-Stanzwerkzeuge zeichnen sich durch Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, hohe Temperaturbeständigkeit und lange Lebensdauer aus. Sie werden häufig im Automobilbau, in der Verarbeitung elektronischer Komponenten, bei Hardwareprodukten, in der Luft- und Raumfahrt, in der Medizintechnik und anderen Bereichen eingesetzt.

Hauptmerkmale von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

- Härte: HRA 8892.
- Präzision: Formtoleranz $\pm 0,001$ mm, Oberflächenrauheit Ra 0,10,4 μm .
- Anpassungsfähigkeit: Temperaturbeständigkeit 800–1000 °C, Korrosionsbeständigkeit pH 210.
- Effizienz: Unterstützt Hochfrequenzstempeln mit einer um 2050 % gesteigerten Effizienz.
- Lebensdauer: Hervorragende Verschleißfestigkeit, die Lebensdauer ist 515-mal so hoch wie bei herkömmlichen Formen.
- Anpassung: Verschiedene Typen (Ziehmatrize, Stanzmatrize, Verbundmatrize usw.), geeignet für verschiedene Arbeitsbedingungen.

Haupttypen von Hartmetall-Stanzwerkzeugen

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen
Streckwerkzeug Ziehstein	Hochverschleißfeste Ausführung, geeignet zum Streckziehen von Metall.	Dehnung von Karosserieteilen, Metallbehältern und Schalen aus Aluminiumlegierungen.	Der Matrizendurchmesser beträgt 10200 mm, die Dicke 20100 mm und die Lebensdauer beträgt 502 Millionen Stanzvorgänge.
Stanzform Stanzform	Hochpräzises Stanzen, geeignet zum Schneiden dünner Platten.	Stanzen von Anschlussrahmen für elektronische Komponenten, Autoteile und Hardwarezubehör.	Der Matrizen spalt beträgt 0,010,1 mm, für die Dicke 1580 mm und die Lebensdauer beträgt 301,5 Millionen Prägungen.
Verbundform Verbundmatrize	Integriertes mehrstufiges Stanzen, geeignet für komplexe Teile.	Steckverbinder für die Luft- und Raumfahrt, Teile für medizinische Geräte und Präzisions-Hardware-Verbundverarbeitung.	Der Matrizendurchmesser beträgt 20150 mm, die Dicke 20100 mm und die Lebensdauer beträgt

			401,8 Millionen Stanzvorgänge.
Ölfeldwerkzeuge Ölfeld-Die	Hochdruck- und korrosionsbeständig, geeignet für das Stanzen schwerer Lasten.	Teile für Ölbohr-ausrüstung, Zubehör für Erdgaspipelines, Teile für Bergbaumaschinen.	Der Matrizendurchmesser beträgt 30200 mm, die Dicke 30120 mm und die Lebensdauer beträgt 301,2 Millionen Prägevorgänge.
Hochgeschwindigkeit s-Stanzwerkzeug	Hochtemperaturbeständig es und hochfrequentes Design, geeignet für schnelles Stanzen.	Befestigungselemente für die Automobilindustrie, elektronische Steckverbinder, kontinuierliche Hochgeschwindigkeits-Stanzproduktionslinien.	Die Matriz hat einen Durchmesser von 10100 mm, eine Dicke von 1580 mm und eine Lebensdauer von 602,5 Millionen Stanzungen.
Schwerlastmodell HeavyDuty Matriz	Hochfestes Design, geeignet zum Stanzen dicker Platten.	Stanzen von dicken Blechen für Schwermaschinenteile, Schiffskonstruktionen und Baubeschläge.	Der Matrizendurchmesser beträgt 50300 mm, die Dicke 30120 mm und die Lebensdauer beträgt 301,2 Millionen Stanzvorgänge.
Mikroform Mikro-Die	Ultrakleine Größe, geeignet für hochpräzises Mikrostanzen.	Mikroteile für medizinische Geräte, Mikrosteckverbinder für die Elektronik und Komponenten für Luftfahrtsensoren.	Die Matriz hat einen Durchmesser von 550 mm, eine Dicke von 1040 mm und eine Lebensdauer von 20,8 Millionen Stanzungen.
Korrosionsbeständige Form Korrosionsbeständige Matriz	Beständig gegen starke Säuren und Laugen, geeignet zum Stempeln in chemischen Umgebungen.	Teile für chemische Geräte, Zubehör für die Schiffstechnik und Stanzteile für korrosive Materialien.	Der Matrizendurchmesser beträgt 15150 mm, die Dicke 2080 mm und die Lebensdauer beträgt

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

			502 Millionen Stanzvorgänge.
Form in Lebensmittelqualität Lebensmittelechte Matrize	Speziell für das Stanzen lebensmittelrelevanter Teile unter Einhaltung der Normen entwickelt.	Formen für Lebensmittelverpackungen und Teile von Milchverarbeitungsgeräten entsprechen den FDA/EU-Standards für den Lebensmittelkontakt.	Der Matrizendurchmesser beträgt 10100 mm, die Dicke 1580 mm und die Lebensdauer beträgt 502 Millionen Stanzvorgänge.

CTIA GROUP LTD

3. Stock, Nr. 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Xiamen, 361008
, 05925129595 18750234579 E-Mail: info@ctia.group

CTIA GROUP LTD

Kundenspezifische Bearbeitung von Hartmetall-Kugelrädern

Hartmetall-Kugelzähne zeichnen sich durch Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, hohe Temperaturbeständigkeit und lange Lebensdauer aus. Sie werden häufig im Bergbau, Tunnelbau, Straßenfräsen, bei Ölbohrungen, im Bauwesen, im Kohlebergbau und in anderen Bereichen eingesetzt.

Haupttypen von Hartmetall-Kugelzähnen

Typ	beschreiben	Hauptanwendungen und Anwendungsszenarien	Typische Spezifikationen mm
Schneidpickel	Hochverschleißfestes Design, geeignet zum Schneiden von hartem Gestein.	Kohlebergbau, Tunnelbau und Hartgesteinsbergbau.	Zahndurchmesser 1050, Länge 50150
Tunnelzahn	Hochfeste Ausführung, geeignet für Tunnelbaugeräte.	U-Bahn-Tunnel, Eisenbahntunnel und Tiefbauaushub.	Zahndurchmesser 1560 Länge 60180
Fräszahn	Beständig gegen hohe Temperaturen und Hochfrequenzschnitte, geeignet zum Straßenfräsen.	Autobahnwartung, Start-Landebahnfräsen, städtische Straßenreparatur.	Zahndurchmesser 830, Länge 40120
Bohrzahn	Es ist hochdruck- und korrosionsbeständig und für Bohrarbeiten geeignet.	Ölbohrungen, Erdgasexploration, geologische Untersuchungen.	Zahndurchmesser 1040, Länge 50140
Rotierende Grabzähne Rotierender Grabzahn	Hochrobustes Design, geeignet für Drehbohrgeräte.	Bau von Pfahlgründungen, Brückengründungen, Bau von Hafenterminals.	Zahndurchmesser 2080, Länge 70200
Kohlebergbauzahn	Schlagfeste Ausführung, geeignet für den Kohlebergbau.	Kohlebergwerke im Tagebau, Kohlebergbau unter Tage, Kohlewaschanlagen.	Zahndurchmesser 1550, Länge 50160
Mikrozahn	Ultrakleine Größe, geeignet für hochpräzises Schneiden.	Präzise geologische Erkundung, Mikroböhrgeräte und Verarbeitung von Flugzeugteilen.	Zahndurchmesser 520, Länge 2080
Korrosionsbeständige Zähne	Beständig gegen starke Säuren und	Meeresbodenbergbau, chemischer	Zahndurchmesser 1050, Länge 50150

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Korrosionsbeständiger Zahn	Laugen, geeignet zum Schneiden in korrosiven Umgebungen.	Mineralienabbau, saure Bodentechnik.	
Hochleistungszahn	Hochfeste Ausführung, geeignet zum Schneiden von superharten Materialien.	Hartgesteinsminen, Eisenerzbergbau, großtechnische Zerkleinerung.	Zahndurchmesser 20100, Länge 80220

CTIA GROUP LTD

3. Stock, Nr. 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Xiamen, 361008
, 05925129595 18750234579 E-Mail: info@ctia.group

Was ist eine Hartmetallform?

Hartmetallmatrizen sind Hochleistungswerkzeuge für das Stanzen, Ziehen, Kaltfließpressen und die Präzisionsumformung von Metallen und dienen der effizienten Bearbeitung von Stahl, Nichteisenmetallen und nichtmetallischen Werkstoffen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit optimiertem geometrischem Design und verschleißfesten Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und Langlebigkeit unter hohem Druck, hoher Geschwindigkeit und komplexen Arbeitsbedingungen. Als Kernkomponente der Präzisionsfertigung beeinflusst die Form direkt die Produktgenauigkeit, die Oberflächenqualität und die Produktionskosten. Sie wird häufig in der Automobil- und Elektronikfertigung sowie in der mechanischen Bearbeitung eingesetzt. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen der Form umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetallformen.

Hartmetallformen verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate liegt bei $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung der Form wird je nach Anwendung individuell angepasst und umfasst Stempel, Matrizen oder Formblöcke mit einem Größenbereich von $5-50\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ (je nach Werkstück) und wird auf der Formbasis (hergestellt aus hochfestem legiertem Stahl, wie Cr12MoV oder D2, Abschreckhärte HRC $58-62 \pm 2$) installiert. Zu den Befestigungsmethoden gehören Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $>800\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) oder mechanisches Befestigen (Befestigungskraft $>15\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), wodurch ein stabiler Betrieb unter hohem Druck ($50-300\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$, Spitzenwert bis zu $500\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$) gewährleistet wird. Auf die Arbeitsfläche können Mehrschichtbeschichtungen (wie TiN, TiAlN oder AlCrN, Dicke $0,5-3\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) aufgetragen werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $<0,2 \pm 0,05$ gesenkt und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihaftwirkung (Hafrate $<1,5\% \pm 0,5\%$) verbessert werden. Das Design integriert Formmechanik und Wärmeleitungsoptimierung, mit einem Eintrittswinkel von $15^\circ-30^\circ \pm 5^\circ$ und einem Rückneigungswinkel von $5^\circ-10^\circ \pm 2^\circ$, geeignet für eine

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Vielzahl von Materialien mit einer Zugfestigkeit von 300–1000 MPa.

Eigenschaften und Funktionsprinzip von Hartmetallformen

Matereialeigenschaften von Hartmetallformen

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30, lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur > 800 °C ± 20 °C, Oxidationsbeständigkeit > 95 % ± 2 %); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{IC} 12–16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, Spitzenwert bis zu 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5) und absorbiert Aufprallenergie (> 80 J ± 5 J, momentaner Spitzenwert > 200 J ± 10 J). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate < 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (vorzugsweise < 0,02 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), Dichte 14,8–15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) 6 × 10⁻⁶/°C ± 0,5 × 10⁻⁶/°C. Durch Zugabe von Cr₃C₂ wird eine Cr₂O₃-Schutzschicht (Dicke < 0,1 µm ± 0,01 µm) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr, Cl⁻-Beständigkeit > 3000 Stunden ± 100 Stunden); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte (> 900 °C ± 20 °C, um 90 % ± 2 % der Ausgangshärte zu erhalten, thermische Stabilität > 95 % ± 2 %).

Funktionsprinzip

Die Matrice wird durch Extrusion und Scherung unter Einwirkung einer Stanzmaschine oder Kaltfließpresse (Druck 50–300 MPa ± 10 MPa, Geschwindigkeit 10–50 m/s ± 2 m/s, Leistung 50–400 kW ± 50 kW) in metallische oder nichtmetallische Werkstoffe geformt. Die Arbeitsfläche ist hohem Druck und hoher thermischer Belastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur 400–700 °C ± 50 °C, kurzzeitig bis zu 900 °C ± 50 °C). Der Grundstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit > 1300 MPa ± 50 MPa), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 W/m·K ± 2 W/m·K) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer > 10⁶-mal ± 10⁵-mal, zyklische Belastung > 200 MPa ± 20 MPa). Die Präzisionskonstruktion der Form gewährleistet Toleranzen innerhalb von ± 0,01 mm ± 0,005 mm und eine Oberflächenrauheit Ra < 0,2 µm ± 0,05 µm.

Bei der Verarbeitung von kohlenstoffarmem Stahl (Zugfestigkeit 400 MPa), Aluminiumlegierung (500 MPa) und Hartplastik (300 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Form mehr als 500–800 Stunden ± 50 Stunden (je nach Härte des Materials) und die Produktionseffizienz erreicht 1000–3000 Stück/h ± 100 Stück/h (bis zu 4000 Stück/h ± 100 Stück/h, Leistung > 300 kW ± 50 kW). Die SEM-Analyse zeigt keinen offensichtlichen Verschleiß auf der Oberfläche, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase (> 95 % ± 2 %) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung < 120 MPa ± 10 MPa beträgt.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetallformen beeinflussen

Der Co-Gehalt von

6–12 % ± 1 % erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. < 6 % ± 1 % führen zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % ± 2 %, > 12 % ± 1 % reduziert die Härte um 5 % ± 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE 6 × 10⁻⁶/°C ± 0,5 × 10⁻⁶/°C). 8–10 % ± 0,5 % werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Korngröße

0,5–1 µm ± 0,01 µm verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate < 0,02 mm³/N·m

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Materialien mittlerer Härte geeignet, $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$.
Geometrische

Winkel

: Matrizenwinkel $15^\circ-30^\circ \pm 5^\circ$ optimiert die Umformungseffizienz (Druck $<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, Energieverbrauch $<20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $>35^\circ \pm 5^\circ$ verringert die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$, $<15^\circ \pm 5^\circ$ führt leicht zu $5 \% \pm 1 \%$ Rissgefahr.

Oberflächenbehandlung:

Eine Arbeitsflächendicke von $3-5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Lebensdauererlängerung um $20 \% \pm 3 \%$), $<3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, $>5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5-2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,25 \pm 0,05$) und verbessert die Hitzebeständigkeit ($> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Der

wärmebehandelte

Basisstahl wird abgeschreckt (Härte HRC $58-62 \pm 2$, Tiefe $2-4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), um die Stützleistung zu verbessern. Die Lebensdauer der Basis im ungehärteten Zustand wird um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und durch das Anlassen ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) werden die Restspannungen um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert.

Eine Arbeitsumgebungstemperatur

von $>700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ verringert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$, ein Wassergehalt von $>5 \% \pm 1 \%$ oder ein Verunreinigungsgehalt von $>3 \% \pm 0,5 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$ und eine Cl⁻-haltige Umgebung (Konzentration $>0,5 \% \pm 0,1 \%$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015 \text{ mm/Jahr} \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Arten von Hartmetallmatrizen

Standard-Stanzwerkzeuge

eignen sich für kohlenstoffarmen Stahl (Zugfestigkeit $300-500 \text{ MPa}$), haben eine Größe von $10-20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ und eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Lebensdauer $> 600 \text{ Std.} \pm 50 \text{ Std.}$) und werden häufig für Automobilplatten verwendet. Im Jahr 2024 beträgt die Produktionseffizienz eines bestimmten Automobilprojekts $2000 \pm 100 \text{ Std./h}$.

Streckwerkzeuge

eignen sich für Aluminiumlegierungen ($500-700 \text{ MPa}$), haben eine Größe von $15-30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ und eine hohe Schlagfestigkeit ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) und eignen sich für Elektronikgehäuse. Im Jahr 2023 beträgt die Lebensdauer einer bestimmten Elektronikfabrik $700 \pm 50 \text{ Std.}$.

Kaltfließpresswerkzeuge

werden für hochfesten Stahl ($800-1000 \text{ MPa}$) mit einer Größe von $20-50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ verwendet, weisen eine ausgezeichnete Druckfestigkeit ($> 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) auf und eignen sich für die Lagerverarbeitung. Im Jahr 2025 hatte ein bestimmtes Lagerprojekt eine Druckfestigkeit von $350 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Spezielle Formwerkzeuge

umfassen hochtemperaturbeständige ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Aufrechterhaltung von $95 \% \pm 2 \%$) und korrosionsbeständige Typen, die für Hochtemperatur- oder korrosive Materialien geeignet sind und im Jahr 2025 eine Testlebensdauer von $550 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ aufweisen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anwendung von Hartmetallmatrizen.

Autoteile

werden zum Stanzen von Blechen verwendet (Zugfestigkeit 300–500 MPa), mit einer Lebensdauer von 600–800 Stunden $\pm$ 50 Stunden, gemäß QC/T 480-Standard. Im Jahr 2024 beträgt die Genauigkeit eines bestimmten Automobilprojekts $\pm$ 0,01 mm $\pm$ 0,005 mm.

Elektronische Komponenten

werden zum Strecken von Aluminiumlegierungen (500–700 MPa) verwendet, und die Schlagzähigkeit (> 80 J, Spitze 200 J $\pm$ 10 J) gewährleistet eine effiziente Umformung gemäß IPC-6012-Standard. Im Jahr 2023 beträgt die Effizienz einer bestimmten Elektronikfabrik 2500 Teile/h $\pm$ 100 Teile/h.

Die spanende Bearbeitung

wird zum Kaltfließpressen von hochfestem Stahl (800–1000 MPa) eingesetzt, wodurch der Abfall reduziert ($< 2\% \pm 0,5\%$) und die ISO-286-Norm eingehalten wird. Im Jahr 2024 beträgt die Oberflächenrauheit einer bestimmten Fabrik $Ra < 0,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$.

Korrosive Umgebungen

werden für salzhaltige Materialien verwendet, die gegen Seewasserkorrosion beständig sind (> 4000 Stunden $\pm$ 100 Stunden, Beständigkeit gegen Cl^- -Konzentration $> 3,5\% \pm 0,5\%$), entsprechend dem DNVGL-RP-C203-Standard. Im Jahr 2025 beträgt die Korrosionsbeständigkeit eines bestimmten Offshore-Projekts $> 99\% \pm 1\%$.

Komplexe Formgebungsverfahren

werden für Materialien mit hohen Temperaturen oder hoher Härte verwendet, mit einer Verschleißfestigkeit von $> 95\% \pm 2\%$, und die Testeffizienz liegt im Jahr 2025 bei 2.800 Stück/h $\pm$ 100 Stück/h. Für

Luft- und Raumfahrtteile

wird das Stanzen von Titanlegierungen (Zugfestigkeit 800–1.200 MPa) mit einer Lebensdauer von 500–700 Stunden $\pm$ 50 Stunden verwendet, entsprechend der Norm AMS 4911. Im Jahr 2024 beträgt die Toleranz eines bestimmten Luftfahrtprojekts $\pm$ 0,01 mm $\pm$ 0,005 mm. Für

medizinische Geräte

wird Edelstahl mit Zugfestigkeit (600–900 MPa) und Korrosionsbeständigkeit (> 3.000 Stunden $\pm$ 100 Stunden) verwendet, entsprechend der Norm ISO 13485. Im Jahr 2023 liegt die Effizienz einer medizinischen Fabrik bei 1.500 Stück/h $\pm$ 100 Stück/h.

Energieanlagen

werden zum Kaltfließpressen von Hochdruckventilkörpern (1000–1500 MPa) mit einer Druckfestigkeit ($> 400\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$) gemäß API 6A-Standards verwendet. Im Jahr 2025 beträgt die Lebensdauer eines Energieprojekts 600 Stunden $\pm$ 50 Stunden. Bei

der Herstellung von Haushaltsgeräten

werden Aluminiumschalen (400–600 MPa) mit einer Oberflächengüte $Ra < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$ gemäß IEC 60335-Standards gedehnt. Im Jahr 2024 beträgt die Effizienz eines Haushaltsgeräteprojekts 3000 Stück/h $\pm$ 100 Stück/h.

Baubeschläge

werden zum Kaltfließpressen von Stahlbolzen (700–900 MPa) verwendet, wodurch der Abfall reduziert ($< 1\% \pm 0,5\%$) und der ASTM A307-Standard erfüllt wird. Im Jahr 2023 beträgt die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Produktivität eines Bauprojekts 2000 Stück/h $\pm$ 100 Stück/h.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

Neue Materialien

führen Nano-WC (Korn $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) ein, um die Härte (HV 2200–2600 $\pm$ 50) zu verbessern, und fügen TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, um 95 % $\pm$ 2 % zu halten). Forschung im Jahr 2024: Oxidationsbeständigkeit der AlCrN-Beschichtung (Sauerstoffgewichtszunahme $< 0,1\% \pm 0,05\%/h$).

Intelligente Überwachung

durch integrierten Sensor (Genauigkeit $\pm 0,05\%$), Echtzeitüberwachung von Verschleiß (Tiefe $> 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Temperatur ($< 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), Optimierung des Austauschzyklus (Fehler $< 5\% \pm 1\%$), und ein Unternehmen hat dies 2025 erfolgreich getestet.

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Formen, wodurch der Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert wird und die Festigkeit im Jahr 2024 $1600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ erreicht.

Umweltanpassungsfähigkeit:

Entwicklung korrosionsbeständiger und hochdruckbeständiger Formen (Druckfestigkeit $> 400 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), mit einer Hitzebeständigkeit von $98\% \pm 2\%$ bis 2025.

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\% \pm 5\%$) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Reduktion 3 %), in Übereinstimmung mit der Norm ISO 14040.

Nationale und internationale Normen für Hartmetallformen Zu

den nationalen und internationalen Normen gehören alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

QC/T 480 (Herstellungsstandard für Autoteile)

IPC-6012 (Herstellungsnorm für elektronische Komponenten)

ISO 286 (Geometrische Produktspezifikationen und Toleranzen)

DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)

JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)

DIN 17350 (Deutsche Werkstoffnorm Metall)

JIS B 4053 (japanischer Standard für Formenbau)

AMS 4911 (Standard für Titanlegierungen in der Luft- und Raumfahrt)

ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

API 6A (Standard für Öl- und Gasausrüstung)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Was sind Hartmetallwerkzeuge?

Hartmetall-Schneidwerkzeuge sind Hochleistungswerkzeuge für die Metallzerspanung, -umformung und -bearbeitung. Sie finden breite Anwendung beim Drehen, Fräsen, Bohren, Stanzen und anderen Verfahren und sind für die effiziente Bearbeitung von Stahl, Gusseisen, Nichteisenmetallen und schwer zu bearbeitenden Werkstoffen konzipiert. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit optimiertem geometrischem Design und verschleißfesten Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und lange Lebensdauer bei hohen Geschwindigkeiten, hoher Belastung und komplexen Arbeitsbedingungen. Als Schlüsselkomponente in der Zerspanung und im Formenbau beeinflussen Hartmetall-Schneidwerkzeuge direkt die Bearbeitungsgenauigkeit, Oberflächengüte und Produktionseffizienz und finden breite Anwendung in der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt, dem Energiesektor und der Medizintechnik.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetallwerkzeugen

Hartmetallwerkzeuge verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Sie werden durch Spuren von Additiven (wie Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) ergänzt, um Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit zu optimieren. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350 - 1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45 - 55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5 - 10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150 - 200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30 - 60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5 - 2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8 - 1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung des Werkzeugs wird je nach Anwendung individuell angepasst. Es umfasst Drehwerkzeuge, Fräser, Bohrer oder Stempel mit einer Schneidenbreite von $2 - 20\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ und einer Länge von $50 - 200\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$, montiert auf einem Werkzeughalter oder einer Formbasis (aus hochfestem Stahl wie H13 oder Cr12MoV, Härte HRC $50 - 62 \pm 2$). Die Befestigungsmethode umfasst mechanisches Klemmen (Klemmkraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$) oder Schweißen (Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), um einen stabilen Betrieb bei hohen Schnittkräften oder Drücken ($50 - 300\text{ N} \pm 10\text{ N}$, Spitzenwert bis zu $400\text{ N} \pm 20\text{ N}$) zu gewährleisten. Mehrschichtbeschichtungen (wie TiN, TiAlN oder Al_2O_3 , Dicke $0,5 - 4\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Schneidkante oder Arbeitsfläche aufgetragen werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $<0,2 \pm 0,05$ gesenkt und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz verbessert werden.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(Haftungsrate $<1\% \pm 0,5\%$). Das Design integriert Schneid-/Umformmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Spanwinkel von $5^\circ\text{--}15^\circ \pm 2^\circ$ und einem Rückspanwinkel von $5^\circ\text{--}10^\circ \pm 2^\circ$ und ist für eine Vielzahl von Materialien mit einer Zugfestigkeit von 300–1500 MPa geeignet.

Eigenschaften und Funktionsprinzip von Hartmetallwerkzeugen

Materialeigenschaften von Hartmetallwerkzeugen

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30 , lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{1c} 12–16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($> 60\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 150\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,015\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte 14,8–15,2 g/cm $^3 \pm 0,1\text{ g/cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 entsteht eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm/Jahr} \pm 0,001\text{ mm/Jahr}$, Cl $^-$ -Beständigkeit $> 3000\text{ Stunden} \pm 100\text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ behält $90\% \pm 2\%$ der Ausgangshärte bei, thermische Stabilität $> 95\% \pm 2\%$).

Funktionsprinzip von Hartmetallwerkzeugen: Die

Werkzeuge verarbeiten Materialien durch Scheren, Reibung oder Extrusion unter Einwirkung von CNC-Werkzeugmaschinen, Stanzmaschinen oder Umformgeräten (Schnittgeschwindigkeit 50 – 300 m/min $\pm 10\text{ m/min}$ oder Druck 50 – 300 MPa $\pm 10\text{ MPa}$, Leistung 30 – 400 kW $\pm 50\text{ kW}$). Die Schneide oder Arbeitsfläche ist hohen Schnittkräften/-drücken und thermischen Belastungen (Oberflächentemperatur 500 – 1000 $^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) ausgesetzt, und der Basisstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40 – 50 W/m $\cdot\text{K} \pm 2\text{ W/m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, zyklische Belastung $> 150\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$). Die Präzisionskonstruktion der Werkzeuge gewährleistet eine Toleranzkontrolle von $\pm 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ und eine Oberflächenrauheit $\text{Ra} < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$.

Der Leistungstest von Hartmetallwerkzeugen

zeigt, dass die optimierte Werkzeuglebensdauer bei der Verarbeitung von 45#-Stahl (Zugfestigkeit 600 MPa), Aluminiumlegierung (500 MPa), Titanlegierung (1000 MPa) oder beim Stanzen von kohlenstoffarmem Stahl (400 MPa) 300–600 Stunden $\pm 50\text{ Stunden}$ (je nach Verfahren) übersteigt und die Schneid-/Umformleistung 100–500 cm $^3/\text{min} \pm 10\text{ cm}^3/\text{min}$ oder 1000–3000 Teile/h $\pm 100\text{ Teile/h}$ (Leistung $> 200\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$) erreicht. Die SEM-Analyse zeigt keine offensichtliche Rissbildung an der Schneidkante, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die Wärmespannungsverteilung $< 120\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetallwerkzeugen beeinflussen

Der Co-Gehalt von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6–12 % ± 1 % erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. <6 % ± 1 % führen zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % ± 2 %, >12 % ± 1 % reduziert die Härte um 5 % ± 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung ($CTE 6 \times 10^{-6}/^{\circ}C \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$). 8–10 % ± 0,5 % werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Eine Korngröße

von 0,5–1 $\mu m \pm 0,01 \mu m$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate < 0,015 $mm^3/N \cdot m \pm 0,01 mm^3/N \cdot m$), 1–1,5 $\mu m \pm 0,01 \mu m$ ist für Werkstoffe mittlerer Härte geeignet, > 2 $\mu m \pm 0,01 \mu m$ erhöht die Verschleißrate um 15 % ± 3 % und verringert die Zähigkeit um 10 % ± 2 %.

Geometrischer Winkel

Spanwinkel 5° – $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ oder Matrizenwinkel 15° – $30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Schneid-/Umformleistung (Schneidkraft < 50 N ± 5 N oder Druck < 50 MPa ± 5 MPa, Energieverbrauch < 15 kWh/m³ ± 2 kWh/m³), > $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ oder > $35^{\circ} \pm 5^{\circ}$ verringert die Leistung um 10 ± 2 %, < $5^{\circ} \pm 2^{\circ}$ oder < $15^{\circ} \pm 5^{\circ}$ führen leicht zu 5 ± 1 % Absplitterungs-/Bruchrisiko.

Eine Oberflächenbehandlung

der Kante/Arbeitsfläche mit einer Dicke von 2–4 mm ± 0,1 mm verbessert die Verschleißfestigkeit (Verlängerung der Lebensdauer um 20 ± 3 %), < 2 mm ± 0,1 mm verkürzt die Lebensdauer um 20 ± 3 %, > 4 mm ± 0,1 mm erhöht die Kosten um 15 ± 2 %. Die TiAlN-Beschichtung (Dicke 0,5–2 $\mu m \pm 0,1 \mu m$, Abscheidungstemperatur 400–500 $^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$) reduziert den Reibungskoeffizienten (< 0,25 ± 0,05) und verbessert die Hitzebeständigkeit (> 900 $^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$). Der

wärmebehandelte

Basisstahl wird abgeschreckt (Härte HRC 50–62 ± 2, Tiefe 1,5–4 mm ± 0,2 mm, Abschrecktemperatur 850–900 $^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$), um die Tragfähigkeit zu verbessern. Die Lebensdauer der Basis im ungehärteten Zustand wird um 15 % ± 3 % reduziert, und das Anlassen (200–250 $^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$, 2–4 Stunden ± 0,5 Stunden) reduziert die Restspannung um 5 % ± 1 %.

Eine Umgebungstemperatur

von > 800 $^{\circ}C \pm 50^{\circ}C$ verringert die Härte um 3 % ± 1 %, ein Wassergehalt von > 5 % ± 1 % oder ein Verunreinigungsgehalt von > 3 % ± 0,5 % erhöht den Verschleiß um 5 % ± 1 %, und eine Cl⁻-haltige Umgebung (Konzentration > 0,5 % ± 0,1 %) erhöht die Korrosionsrate auf 0,015 mm/Jahr ± 0,002 mm/Jahr.

Geräteparameter:

Schnittgeschwindigkeit 50–300 m/min ± 10 m/min, Vorschub 0,1–0,5 mm/U ± 0,05 mm/U oder Druck 50–300 MPa ± 10 MPa, Leistung 30–400 kW ± 50 kW beeinträchtigen Standzeit und Effizienz. Zu hohe Parameter (> Obergrenze 10 % ± 1 %) verkürzen die Standzeit um 15 % ± 2 %.

Arten von Hartmetallwerkzeugen

Hartmetall-Drehwerkzeuge

eignen sich für kohlenstoffarmen Stahl (Zugfestigkeit 300–600 MPa), haben eine Schneidenbreite von 5–10 mm ± 0,5 mm und eine Lebensdauer von > 400 Std. ± 50 Std. und werden häufig zur Wellenbearbeitung eingesetzt.

Hartmetall-Fräswerkzeuge

eignen sich für Aluminiumlegierungen (500–700 MPa), haben einen Durchmesser von 10–20 mm

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,5$ mm, eine hohe Schlagzähigkeit ($> 80 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) und eignen sich zum Planfräsen.

Hartmetall-Bohrwerkzeuge

werden für hochfesten Stahl (800–1200 MPa) eingesetzt, haben einen Durchmesser von 5–15 mm $\pm 0,5$ mm, eine ausgezeichnete Druckfestigkeit ($> 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) und eignen sich zum Tiefbohren.

Hartmetall-Stanzwerkzeuge

eignen sich zum Stanzen von kohlenstoffarmem Stahl (400–600 MPa), haben eine Größe von 10–30 mm ± 1 mm und eine Schlagfestigkeit ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Zu

den speziellen Hartmetallwerkzeugen

gehören hochtemperaturbeständige ($> 900 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$, $95 \% \pm 2 \%$) und korrosionsbeständige Ausführungen, die für Titanlegierungen oder Nickelbasislegierungen geeignet sind.

Anwendung von Hartmetallwerkzeugen

In der Automobilherstellung

wird es zum Drehen von Motorzylindern verwendet (Zugfestigkeit 600–800 MPa, Lebensdauer 400–600 Stunden ± 50 Stunden, gemäß QC/T 480-Standards.

In der Luft- und Raumfahrt

wird es zum Fräsen von Titanlegierungen verwendet (1000–1500 MPa), Schlagfestigkeit ($> 60 \text{ J}$, Spitze $150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), um effizientes Schneiden gemäß AMS 4911-Standards sicherzustellen.

Die Formenbearbeitung

wird zum Bohren von Stahlformen verwendet (800–1000 MPa), wodurch Abfall reduziert wird ($< 2 \% \pm 0,5 \%$) und die Norm ISO 286 eingehalten wird.

Korrosive Umgebung

wird zum Schneiden von salzhaltigem Edelstahl verwendet, Seewasserkorrosionsbeständigkeit (> 4000 Stunden ± 100 Stunden, Cl⁻-Konzentrationsbeständigkeit $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$), gemäß DNVGL-RP-C203-Standards.

Komplexe Materialverarbeitung

wird zum Drehen von Legierungen auf Nickelbasis (1.200–1.500 MPa) verwendet, Verschleißfestigkeit $> 95 \% \pm 2 \%$, Testeffizienz im Jahr 2025.

Energieausrüstung

wird zum Fräsen von Ölbohrgestängen (1.000–1.300 MPa) verwendet, Druckfestigkeit ($> 200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), Einhaltung der API 6A-Normen.

Elektronische Komponenten

werden zum Bohren von Aluminiumlegierungen (400–600 MPa) verwendet, Oberflächengüte $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, Einhaltung der IPC-6012-Normen. Der

Eisenbahnbau

wird zum Schienendrehen (700–900 MPa) verwendet, Abfallreduzierung ($< 1 \% \pm 0,5 \%$), Einhaltung der EN 13674-Normen.

Die Schiffbauindustrie

wird zum Fräsen von Schiffsstahlplatten (600–800 MPa) verwendet, Schlagfestigkeit ($> 50 \text{ J}$, Spitze $120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), Einhaltung der ISO 8062-Normen. Bei

medizinischen Geräten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

wird Edelstahl (600–900 MPa) gebohrt, die Korrosionsbeständigkeit ($> 3000 \pm 100$ Stunden) entspricht der ISO-13485-Norm. Bei

der Herstellung von Haushaltsgeräten

werden Aluminiumgehäuse (400–600 MPa) mit einer Oberflächenrauheit von $Ra < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$ gestanzt, entsprechend der IEC-60335-Norm. Bei

Baubeschlägen

werden Stahlbolzen (700–900 MPa) gestanzt, wodurch der Abfall ($< 1 \% \pm 0,5 \%$) reduziert wird und die ASTM-A307-Norm eingehalten wird.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung von Hartmetallwerkzeugen

Neue Materialien

verwenden Nano-WC (Korn $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), um die Härte zu verbessern (HV 2200–2600 ± 50), und fügen TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, um $95 \% \pm 2 \%$ zu halten). Forschung im Jahr 2024: Antioxidationseigenschaften der Al_2O_3 -Beschichtung (Sauerstoffgewichtszunahme $< 0,1 \% \pm 0,05 \%/h$). Ein integrierter

intelligenter Überwachungssensor

(Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwacht den Verschleiß (Tiefe $> 0,8 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und die Temperatur ($< 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) in Echtzeit, optimiert den Austauschzyklus (Fehler $< 5\% \pm 1\%$) und wurde 2025 von einem Unternehmen erfolgreich getestet.

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Werkzeuge, wodurch der Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert und im Jahr 2024 eine Festigkeit von $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ erreicht wird.

Umweltverträglichkeit

: Entwicklung korrosionsbeständiger und hochdruckbeständiger Werkzeuge (Druckfestigkeit $> 250 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$), Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\% \pm 5\%$), Reduzierung des CO_2 -Fußabdrucks (CO_2 -Reduktion von $20\% \pm 3\%$), in Übereinstimmung mit der Norm ISO 14040.

Nationale und internationale Normen für Hartmetallwerkzeuge Zu

den nationalen und internationalen Normen zählen alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

QC/T 480 (Herstellungsstandard für Autoteile)

AMS 4911 (Standard für Titanlegierungen in der Luft- und Raumfahrt)

ISO 286 (Geometrische Produktspezifikationen und Toleranzen)

DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)

JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)

DIN 17350 (Deutsche Werkstoffnorm Metall)

JIS B 4053 (japanischer Standard für Formenbau)

API 6A (Standard für Öl- und Gasausrüstung)

IPC-6012 (Herstellungsnorm für elektronische Komponenten)

EN 13674 (Eisenbahnnorm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

ISO 8062 (Gusstoleranznorm)

ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

IEC 60335 (Sicherheitsnorm für Haushaltsgeräte)

ASTM A307 (Standard für Konstruktionsschrauben)



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was sind Hartmetall-Schneidwerkzeuge?

Hartmetall-Schneidwerkzeuge sind hocheffiziente Werkzeuge zum Zerspanen, Drehen, Fräsen und Bohren von Metall und eignen sich für die effiziente Bearbeitung von Stahl, Gusseisen, Nichteisenmetallen und schwer zu bearbeitenden Werkstoffen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit einer optimierten Werkzeuggeometrie und verschleißfesten Beschichtungen. Diese sorgen für hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleisten so hohe Effizienz und lange Lebensdauer bei hohen Geschwindigkeiten, hoher Belastung und komplexen Arbeitsbedingungen. Als Schlüsselkomponente der mechanischen Bearbeitung beeinflussen Schneidwerkzeuge direkt die Bearbeitungsgenauigkeit, Oberflächengüte und Produktionseffizienz und finden breite Anwendung im Automobilbau, der Luft- und Raumfahrt sowie im Formenbau. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Schneidwerkzeugen umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Schneidwerkzeugen

Hartmetall-Schneidwerkzeuge verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt durch Spurenzusätze (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$) oder das heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung des Werkzeugs wird individuell an die Bearbeitungsanforderungen angepasst. Es umfasst Drehwerkzeuge, Fräser oder Bohrer mit einer Schneidenbreite von $2-20\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ und einer Länge von $50-150\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$, montiert auf einem Werkzeughalter (aus hochfestem Stahl wie H13 oder M2, Härte HRC $50-58 \pm 2$). Die Befestigungsmethoden umfassen mechanisches Klemmen (Klemmkraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$) oder Schweißen (Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), um einen stabilen Betrieb bei hohen Schnittkräften ($50-200\text{ N} \pm 10\text{ N}$, Spitzenwert bis zu $300\text{ N} \pm 20\text{ N}$) zu gewährleisten. Mehrschichtbeschichtungen (wie TiN, TiAlN oder Al_2O_3 , Dicke $0,5-4\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Schneidkantenoberfläche aufgetragen werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $<0,2 \pm 0,05$ gesenkt und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz (Hafrate $<1\% \pm 0,5\%$) verbessert werden. Das Design integriert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Spanwinkel von $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ und einem Rückwinkel von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5°–10°±2° und ist für eine Vielzahl von Materialien mit einer Zugfestigkeit von 300–1500 MPa geeignet.

Eigenschaften

von Schneidwerkzeugen aus Hartmetall WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30, lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur > 800 °C ± 20 °C, Oxidationsbeständigkeit > 95 % ± 2 %); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{IC} 12–16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, Spitzenwert bis zu 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5) und absorbiert Aufprallenergie (> 60 J ± 5 J, momentaner Spitzenwert > 150 J ± 10 J). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (vorzugsweise < 0,015 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), Dichte 14,8–15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) 6×10⁻⁶/°C±0,5×10⁻⁶/°C. Durch Zugabe von Cr₃C₂ entsteht eine Cr₂O₃-Schutzschicht (Dicke < 0,1 µm±0,01 µm), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr, Cl⁻-Beständigkeit > 3000 Stunden±100 Stunden); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte (> 900°C±20°C behält 90 %±2 % der Ausgangshärte bei, thermische Stabilität > 95 %±2 %).

Funktionsprinzip von Schneidwerkzeugen aus Hartmetall.

Das Werkzeug entfernt Material durch Scherung und Reibung unter der Einwirkung von CNC-Werkzeugmaschinen oder Drehmaschinen (Schnittgeschwindigkeit 50 – 300 m/min ± 10 m/min, Vorschub 0,1 – 0,5 mm/U ± 0,05 mm/U, Leistung 30 – 250 kW ± 50 kW). Die Schneide ist hohen Schnittkräften und thermischen Belastungen ausgesetzt (Oberflächentemperatur 500 – 900 °C ± 50 °C, kurzzeitig bis zu 1000 °C ± 50 °C), und der Stahl des Werkzeuggriffs bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit > 1200 MPa ± 50 MPa), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40 – 50 W/m·K ± 2 W/m·K) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer > 10⁶-mal ± 10⁵-mal, zyklische Belastung > 150 MPa ± 20 MPa). Die Präzisionskonstruktion des Werkzeugs gewährleistet, dass die Toleranz innerhalb von ±0,01 mm±0,005 mm und die Oberflächenrauheit Ra<0,1 µm±0,05 µm liegt.

Die Leistung von Schneidwerkzeugen aus Hartmetall

ist auf eine Standzeit von über 300–600 Stunden ± 50 Stunden (je nach Härte des Materials) bei der Bearbeitung von 45#-Stahl (Zugfestigkeit 600 MPa), Aluminiumlegierungen (500 MPa) und Titanlegierungen (1000 MPa) optimiert, bei einer Schneidleistung von 100–500 cm³/min ± 10 cm³/min (bis zu 600 cm³/min ± 10 cm³/min, Leistung > 200 kW ± 50 kW). Die SEM-Analyse zeigt keine erkennbare Rissbildung an der Schneidkante, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase (> 95 % ± 2 %) und die Wärmebildgebung zeigt eine Wärmespannungsverteilung von < 100 MPa ± 10 MPa.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Schneidwerkzeugen beeinflussen

Der Co-Gehalt von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6–12 % $\pm$ 1 % erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. <6 % $\pm$ 1 % führen zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % $\pm$ 2 %, >12 % $\pm$ 1 % reduziert die Härte um 5 % $\pm$ 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). 8–10 % $\pm$ 0,5 % werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Eine Korngröße von

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate <0,015 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), 1–1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ eignet sich für Materialien mittlerer Härte, >2 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um 15 % $\pm$ 3 % und verringert die Zähigkeit um 10 % $\pm$ 2 %.

Ein geometrischer

Spanwinkel von $5^{\circ}\text{--}15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ optimiert die Schneidleistung (Schnittkraft <50 N $\pm$ 5 N, Energieverbrauch <15 $\text{kWh}/\text{m}^3 \pm 2 \text{kWh}/\text{m}^3$), >15° $\pm$ 2° verringert die Leistung um 10 % $\pm$ 2 %, <5° $\pm$ 2° führt leicht zu einem Absplitterungsrisiko von 5 % $\pm$ 1 %. Eine Kantendicke

der Oberflächenbehandlung

von 2–4 mm $\pm$ 0,1 mm verbessert die Verschleißfestigkeit (Lebensdauer um 20 % $\pm$ 3 % verlängert), <2 mm $\pm$ 0,1 mm verkürzt die Lebensdauer um 20 % $\pm$ 3 %, >4 mm $\pm$ 0,1 mm erhöht die Kosten um 15 % $\pm$ 2 %. Eine TiAlN-Beschichtung (Dicke 0,5–2 $\mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur 400–500 $^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten (<0,25 $\pm$ 0,05) und verbessert die Hitzebeständigkeit (>900 $^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Das Abschrecken

von wärmebehandeltem

Schaftstahl (Härte HRC 50–58 $\pm$ 2, Tiefe 1,5–3 mm $\pm$ 0,2 mm, Abschrecktemperatur 850–900 $^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) verbessert die Stützleistung, reduziert die Lebensdauer nicht abgeschreckter Schäfte um 15 % $\pm$ 3 %, und das Anlassen (200–250 $^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 2–4 Stunden $\pm$ 0,5 Stunden) reduziert die Restspannung um 5 % $\pm$ 1 %. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

von >800 $^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ reduziert die Härte um 3 % $\pm$ 1 %, ein Wassergehalt von >5 % $\pm$ 1 % oder ein Verunreinigungsgehalt von >3 % $\pm$ 0,5 % erhöht den Verschleiß um 5 % $\pm$ 1 % und eine Cl⁻-haltige Umgebung (Konzentration >0,5 % $\pm$ 0,1 %) erhöht die Korrosionsrate auf 0,015 mm/Jahr $\pm$ 0,002 mm/Jahr.

Geräteparameter:

Schnittgeschwindigkeit 50–300 m/min $\pm$ 10 m/min, Vorschub 0,1–0,5 mm/U $\pm$ 0,05 mm/U, Leistung 30–250 kW $\pm$ 50 kW beeinträchtigen Standzeit und Effizienz. Zu hohe Parameter (> Obergrenze 10 % $\pm$ 1 %) verkürzen die Standzeit um 15 % $\pm$ 2 %.

Arten von Hartmetall-Schneidwerkzeugen

Standarddrehwerkzeuge

eignen sich für kohlenstoffarmen Stahl (Zugfestigkeit 300–600 MPa), haben eine Schneidenbreite von 5–10 mm $\pm$ 0,5 mm und eine Lebensdauer von > 400 Std. $\pm$ 50 Std. und werden häufig für die Wellenbearbeitung eingesetzt.

Fräswerkzeuge

eignen sich für Aluminiumlegierungen (500–700 MPa), haben einen Durchmesser von 10–20 mm $\pm$ 0,5 mm, eine hohe Schlagzähigkeit (> 80 J $\pm$ 5 J) und sind zum Planfräsen geeignet. Bohrer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden

für hochfesten Stahl (800–1200 MPa) verwendet, haben einen Durchmesser von 5–15 mm $\pm$ 0,5 mm, eine ausgezeichnete Druckfestigkeit ($> 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) und sind zum Tiefbohren geeignet. Zu

den speziellen Schneidwerkzeugen

gehören hochtemperaturbeständige ($> 900 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, um $95 \% \pm 2 \%$ zu erhalten) und korrosionsbeständige Typen, die für Titanlegierungen oder Legierungen auf Nickelbasis geeignet sind.

Anwendung von Hartmetall-Schneidwerkzeugen

Automobilherstellung

, verwendet zum Drehen von Motorzylindern (Zugfestigkeit 600–800 MPa), Lebensdauer 400–600 Stunden $\pm$ 50 Stunden, gemäß QC/T 480-Standards.

Die Luft- und Raumfahrtindustrie

wird zum Fräsen von Titanlegierungen (1000–1500 MPa) eingesetzt. Die Schlagzähigkeit ($> 60 \text{ J}$, Spitze $150 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$) gewährleistet effizientes Schneiden gemäß AMS 4911-Standard.

Die Formenbearbeitung

wird zum Bohren von Stahlformen (800–1000 MPa) eingesetzt, wodurch Abfall ($< 2 \% \pm 0,5 \%$) reduziert wird und die ISO 286-Norm eingehalten wird.

Korrosive Umgebungen

werden zum Schneiden von salzhaltigem Edelstahl eingesetzt. Die Seewasserkorrosionsbeständigkeit ($> 4000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl^- -Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$) entspricht dem DNVGL-RP-C203-Standard. Die

komplexe Materialbearbeitung

wird zum Drehen von Nickellegierungen (1200–1500 MPa) eingesetzt. Die Verschleißfestigkeit beträgt $> 95 \% \pm 2 \%$.

Energieausrüstung

wird zum Fräsen von Ölbohrgestängen (1000–1300 MPa) verwendet, ist druckbeständig ($> 200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) und entspricht den API 6A-Standards.

Elektronische Komponenten

werden auf Bohrungen aus Aluminiumlegierungen (400–600 MPa) aufgebracht, mit einer Oberflächengüte $\text{Ra} < 0,1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,05 \text{ } \mu\text{m}$, gemäß dem Standard IPC-6012.

Eisenbahnherstellung

zum Schienendrehen (700–900 MPa) mit reduziertem Ausschuss ($< 1 \% \pm 0,5 \%$), gemäß der Norm EN 13674.

Schiffbauindustrie

: wird zum Fräsen von Schiffsstahlplatten (600–800 MPa) verwendet, Schlagfestigkeit ($> 50 \text{ J}$, Spitze $120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), gemäß ISO 8062.

Medizinische Geräte:

wird zum Bohren von Edelstahl (600–900 MPa) verwendet, Korrosionsbeständigkeit ($> 3000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$), gemäß ISO 13485.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung von Hartmetall-Schneidwerkzeugen Neue Materialien

Die Einführung von Nano-WC (Korn $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) verbessert die Härte (HV 2200–2600 $\pm$ 50), und die Zugabe von TaC und NbC erhöht die Hochtemperaturstabilität ($> 900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ hält 95 % $\pm$ 2 %). Integrierte Sensoren

zur intelligenten Überwachung

(Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $> 0,8 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Temperatur ($< 900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) in Echtzeit und optimieren so die Austauschzyklen (Fehler $< 5 \%$ $\pm$ 1 %).

Die 3D-Drucktechnologie

nutzt SLM (Schichtdicke $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Werkzeuge und reduziert den Materialabfall um 10 % $\pm$ 2 %.

Durch die Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

werden korrosionsbeständige und hochdruckbeständige Werkzeuge entwickelt (Druckfestigkeit $> 250 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$). Durch

nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80 \%$ $\pm$ 5 %) wird der CO₂-Fußabdruck reduziert (Reduktion der CO₂-Emissionen 20 % $\pm$ 3 %), im Einklang mit der Norm ISO 14040.

Nationale und internationale Normen für Hartmetall-Schneidwerkzeuge Zu den

nationalen und internationalen Normen gehören alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

- QC/T 480 (Herstellungsstandard für Autoteile)
- AMS 4911 (Standard für Titanlegierungen in der Luft- und Raumfahrt)
- ISO 286 (Geometrische Produktspezifikationen und Toleranzen)
- DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)
- GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)
- JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)
- DIN 17350 (Deutsche Werkstoffnorm Metall)
- JIS B 4053 (japanischer Standard für Formenbau)
- API 6A (Standard für Öl- und Gasausrüstung)
- IPC-6012 (Herstellungsnorm für elektronische Komponenten)
- EN 13674 (Eisenbahnnorm)
- ISO 8062 (Gusstoleranznorm)
- ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Was ist eine Hartmetall-Extrusionsdüse?

Hartmetall-Extrusionsmatrizen sind Hochleistungswerkzeuge für Kaltfließpressen, Warmfließpressen und Präzisionsformen und dienen der effizienten Verarbeitung von hochfestem Stahl, Nichteisenmetallen und komplex geformten Teilen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit einer optimierten geometrischen Struktur und einer verschleißfesten Beschichtung. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und lange Lebensdauer unter hohem Druck, hohen Temperaturen und komplexen Arbeitsbedingungen. Als Schlüsselkomponente in der Präzisionsfertigung werden Hartmetall-Extrusionsmatrizen häufig in der Herstellung von Automobiltriebeteilen, Strukturteilen in der Luftfahrt und elektronischen Steckverbindern eingesetzt. Ihre beispiellose Leistung und Zuverlässigkeit wirken sich direkt auf Teilegenauigkeit, Oberflächenqualität und Produktionskosten aus. Der technologische Fortschritt der Branche im Jahr 2025 hat ihr Anwendungspotenzial weiter erweitert, und die neuesten Daten zeigen, dass ihre Leistung in der Verarbeitung hochfester Materialien besonders herausragend ist.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Extrusionsmatrizen

Hartmetall-Extrusionsmatrizen verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $8-12\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung der Matrize wird entsprechend den Extrusionsanforderungen individuell angepasst. Sie umfasst den Extrusionszylinder, den Stempel oder die Matrize mit einem Größenbereich von $10-50\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ (je nach Teil), montiert auf der Matrizenbasis (hergestellt aus hochfestem legiertem Stahl, z. B. H13 oder D2, Abschreckhärte HRC $50-58 \pm 2$). Die Befestigungsmethoden umfassen Hochfrequenz-Induktionsschweißen (Temperatur $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Schweißfestigkeit $>800\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$) oder mechanische Befestigung (Befestigungskraft $>15\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$), wodurch ein stabiler Betrieb unter hohem Druck ($200-500\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$, Spitzenwert bis zu $600\text{ MPa} \pm 30\text{ MPa}$) gewährleistet wird. Die Arbeitsfläche kann mit mehreren Schichten (z. B. TiN, TiAlN oder AlCrN, Dicke $1-3\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) beschichtet werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $<0,2 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Antihafte Wirkung (Hafrate $< 1,5 \% \pm 0,5 \%$) verbessert wird. Das Design integriert Extrusionsmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Eintrittswinkel von $15-30^\circ \pm 5^\circ$ und einem Rückneigungswinkel von $5-10^\circ \pm 2^\circ$ und ist für eine Vielzahl von Materialien mit einer Zugfestigkeit von 600–1500 MPa geeignet.

Eigenschaften von Hartmetall-Extrusionsmatrizen

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30 , lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95 \% \pm 2 \%$); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} 12–16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 250 \text{ J} \pm 20 \text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,04 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,02 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte 14,8–15,2 $\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,1 \text{ g}/\text{cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 entsteht eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001 \text{ mm}/\text{Jahr}$, Cl-Beständigkeit $> 3000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ behält 90 $\% \pm 2 \%$ der Ausgangshärte bei, thermische Stabilität $> 95 \% \pm 2 \%$).

Funktionsprinzip einer Hartmetall-Extrusionsmatrize.

Die Matrize wird zum Formen von Metallwerkstoffen durch Extrusion und plastische Deformation unter Einwirkung einer hydraulischen Presse oder Extrusionsanlage (Druck 200 – 500 MPa $\pm 20 \text{ MPa}$, Geschwindigkeit 5 – 20 $\text{m/s} \pm 2 \text{ m/s}$, Leistung 100 – 500 $\text{kW} \pm 50 \text{ kW}$) verwendet. Die Arbeitsfläche wird hohem Druck und hoher thermischer Belastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur 500 – 1000 $^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, bis zu 1100 $^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ bei Heiextrusion), und der Basisstahl bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1300 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40 – 50 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K} \pm 2 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal, zyklische Belastung $> 250 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$). Das Präzisionsdesign der Form stellt sicher, dass die Toleranz auf $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ und die Oberflächenrauheit $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$ kontrolliert wird.

Die Leistung von Hartmetall-Extrusionsmatrizen

ist auf eine Matrizenlebensdauer von über 400–700 Stunden $\pm 50 \text{ Stunden}$ bei der Verarbeitung von hochfestem Stahl (1000 MPa), Aluminiumlegierungen (600 MPa) oder Kupferlegierungen (500 MPa) optimiert und erreicht eine Produktionseffizienz von 500–2000 Stück/h $\pm 100 \text{ Stück/h}$ (bis zu 2500 Stück/h $\pm 100 \text{ Stück/h}$, Leistung $> 400 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keinen erkennbaren Verschleiß auf der Oberfläche, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95 \% \pm 2 \%$) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung $< 150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Extrusionsmatrizen beeinflussen.

Ein Co-Gehalt von

8–12 $\% \pm 1 \%$ erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. $< 8 \% \pm 1 \%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 $\% \pm 2 \%$. $> 12 \% \pm 1 \%$ reduziert die Härte um 5 $\% \pm 1 \%$ und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

erhöht die Wärmeausdehnung ($CTE 6 \times 10^{-6}/^{\circ}C \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$). Für ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Kosten werden $9-11 \% \pm 0,5 \%$ bevorzugt.

Korngröße

$0,5-1 \mu m \pm 0,01 \mu m$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), $1-1,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$ ist für Materialien mittlerer Härte geeignet, $> 2 \mu m \pm 0,01 \mu m$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$.

Geometrische

Winkel

: Matrizenwinkel $15^{\circ}-30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ optimiert die Extrusionseffizienz (Druck $< 200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, Energieverbrauch $< 25 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $> 35^{\circ} \pm 5^{\circ}$ verringert die Effizienz um $10 \% \pm 2 \%$, $< 15^{\circ} \pm 5^{\circ}$ führt leicht zu $5 \% \pm 1 \%$ Rissgefahr.

Oberflächenbehandlung:

Arbeitsflächendicke $3-5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Lebensdauererweiterung um $20 \% \pm 3 \%$), $< 3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, $> 5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ Die Kosten pro mm erhöhen sich um $15 \% \pm 2 \%$. Eine TiAlN-Beschichtung (Dicke $1-2 \mu m \pm 0,1 \mu m$, Abscheidungstemperatur $400-500^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$) verringert den Reibungskoeffizienten ($< 0,25 \pm 0,05$) und verbessert die Wärmebeständigkeit ($> 1000^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$). Der

wärmebehandelte

Basisstahl wird abgeschreckt (Härte HRC $50-58 \pm 2$, Tiefe $2-4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850-900^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$), um die Stützleistung zu verbessern. Die Lebensdauer der Basis im ungehärteten Zustand wird um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und durch das Anlassen ($200-250^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$, $2-4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) werden die Restspannungen um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert.

Eine Umgebungstemperatur

von $> 1000^{\circ}C \pm 50^{\circ}C$ verringert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$, ein Wassergehalt von $> 5 \% \pm 1 \%$ oder ein Verunreinigungsgehalt von $> 3 \% \pm 0,5 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$, und eine Cl-haltige Umgebung (Konzentration $> 0,5 \% \pm 0,1 \%$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015 \text{ mm/Jahr} \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Die Geräteparameter

Druck $200-500 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$, Geschwindigkeit $5-20 \text{ m/s} \pm 2 \text{ m/s}$ und Leistung $100-500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinträchtigen die Lebensdauer und Effizienz der Form. Überhöhte Parameter ($> \text{Obergrenze } 10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

Arten von Hartmetall-Strangpressmatrizen:

Kaltstrangpressmatrizen eignen sich für hochfesten Stahl ($800-1.200 \text{ MPa}$), haben eine Größe von $20-50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, eine ausgezeichnete Hochdruckbeständigkeit ($> 400 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) und werden häufig für Antriebswellen verwendet. Warmstrangpressmatrizen

eignen

sich für Aluminiumlegierungen ($500-700 \text{ MPa}$), haben eine Größe von $15-40 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, eine starke Hochtemperaturbeständigkeit ($> 1.000^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$ zur Aufrechterhaltung von $95 \% \pm 2 \%$) und werden für Strukturteile in der Luftfahrt verwendet.

Präzisionsumformmatrizen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden für Kupferlegierungen oder Edelstahl (600–1.000 MPa) verwendet, haben eine Größe von 10–30 mm $\pm$ 1 mm, eine hohe Präzision (Toleranz $\pm$ 0,01 mm $\pm$ 0,005 mm) und eignen sich für elektronische Steckverbinder. Zu

den speziellen Extrusionsdüsen

gehören korrosionsbeständige und Ultrahochdrucktypen (Druckfestigkeit $>$ 500 MPa $\pm$ 20 MPa), die für extreme Umgebungen geeignet sind.

Anwendung von Hartmetall-Strangpressmatrizen:

Kfz-Getriebeteile

werden zum Kaltfließpressen von Getriebewellen (1000–1200 MPa) verwendet, mit einer Lebensdauer von 500–700 Stunden $\pm$ 50 Stunden, entsprechend dem QC/T 480-Standard.

Strukturteile für die Luftfahrt

werden zum Warmfließpressen von Aluminiumlegierungen (500–700 MPa) verwendet, und die hohe Temperaturbeständigkeit ($>1000^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) gewährleistet eine effiziente Formgebung, entsprechend dem AMS 4911-Standard.

Elektronische Steckverbinder

werden zum Präzisionsfließpressen von Kupferlegierungen (500–800 MPa) verwendet, mit einer Oberflächenrauheit von $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, entsprechend dem IPC-6012-Standard.

Energieanlagen

werden zum Hochdruck-Strangpressen von Ventilkörpern (1200–1500 MPa) verwendet, mit einer Druckbeständigkeit ($>500 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$), entsprechend dem API 6A-Standard.

Korrosive Umgebungen

eignen sich für das Extrudieren von salzhaltigem Edelstahl, er ist korrosionsbeständig gegenüber Seewasser (> 4000 Stunden $\pm$ 100 Stunden, Beständigkeit gegenüber Cl^- -Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$), im Einklang mit der Norm DNVGL-RP-C203.

Medizinische Geräte

werden für das Präzisionsextrudieren von Edelstahl (600 – 900 MPa) verwendet, er ist korrosionsbeständig (> 3000 Stunden $\pm$ 100 Stunden), im Einklang mit der Norm ISO 13485.

Eisenbahnkomponenten

werden für das Kaltextrudieren von Stahlbuchsen (800 – 1000 MPa) verwendet, wodurch Abfall reduziert wird ($< 2 \% \pm 0,5 \%$), und die Norm EN 13674 wird erfüllt. In

der Schiffbauindustrie

werden marine Aluminiumlegierungen (500 – 700 MPa) zum Warmextrudieren verwendet, er ist schlagfest ($> 100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), im Einklang mit der Norm ISO 8062.

Baubeschläge

werden für das Strangpressen von Stahlmuttern (700–900 MPa) verwendet, Oberflächengüte $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, gemäß ASTM A307-Standard.

Haushaltsgeräteherstellung

für das Kaltstrangpressen von Aluminiumgehäusen (400–600 MPa), Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$, gemäß IEC 60335-Standard.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung von Hartmetall-Extrusionsmatrizen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Neue Materialien

verwenden Nano-WC (Korngröße $<0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$) und fügen TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität ($>1000 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ zur Aufrechterhaltung von $95 \% \pm 2 \%$) zu verbessern. Integrierte Sensoren

zur intelligenten Überwachung

(Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen Verschleiß (Tiefe $>1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und Temperatur ($<1100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen (Fehler $<5 \% \pm 1 \%$).

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Formen, wodurch der Materialabfall um $10 \% \pm 2 \%$ reduziert wird.

Durch die Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

werden korrosionsbeständige und hochdruckbeständige Formen (Druckfestigkeit $> 600 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) entwickelt.

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80 \% \pm 5 \%$) reduziert den CO_2 -Fußabdruck (CO_2 -Reduktion $20 \% \pm 3 \%$) gemäß ISO 14040.

Relevante nationale und internationale Standards

QC/T 480 (Herstellungsstandards für Autoteile)
AMS 4911 (Standard für Titanlegierungen in der Luft- und Raumfahrt)
IPC-6012 (Herstellungsnorm für elektronische Komponenten)
ISO 286 (Geometrische Produktspezifikationen und Toleranzen)
DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)
GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)
JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)
DIN 17350 (Deutsche Werkstoffnorm Metall)
API 6A (Standard für Öl- und Gasrausrüstung)
ISO 8062 (Gusstoleranznorm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Hartmetall-Flüssigkeitskontrolldichtungen

sind Hochleistungsdichtungskomponenten für Umgebungen mit hohem Druck, hoher Korrosion und hohen Temperaturen und finden breite Anwendung in der Öl- und Gasindustrie, der chemischen Industrie, der Luft- und Raumfahrt sowie der Wasseraufbereitung. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit Präzisionsbearbeitung und korrosionsbeständigen Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit und gewährleistet so die Aufrechterhaltung der Dichtungsintegrität und langfristige Zuverlässigkeit unter extremen Betriebsbedingungen. Als Schlüsselkomponente im Flüssigkeitskontrollsystem haben sich Hartmetalldichtungen mit ihrer Robustheit und hohen Leistung zu zuverlässigen Schutzvorrichtungen in komplexen technischen Umgebungen entwickelt und wirken sich direkt auf Systemeffizienz, Leckagerate und Gerätelebensdauer aus.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Flüssigkeitskontrolldichtungen.

Hartmetalldichtungen verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-10\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt durch Spurenzusätze (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißeisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrößenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung der Dichtung wird individuell an die Anwendungsanforderungen angepasst. Sie umfasst Ringdichtungen, Ventilsitze oder Hülsen in einem Größenbereich von $5-50\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ (je nach Rohrleitung), montiert auf einem Trägermaterial aus Edelstahl oder Titanlegierung (Zugfestigkeit $>1000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, Härte HRC $40-50 \pm 2$). Die Befestigungsmethoden umfassen mechanisches Presspassen (Presskraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$) oder Hochfrequenzschweißen (Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), um einen stabilen Betrieb unter hohem Druck ($50-300\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$, Spitzenwert bis $400\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$) zu gewährleisten. Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN, CrN oder WC/C, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Dichtfläche aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,15 \pm 0,05$ gesenkt und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz (Hafrate $<1\% \pm 0,5\%$) verbessert. Das Design kombiniert Strömungsmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Kontaktwinkel von $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ und ist für Betriebstemperaturen von -50 °C bis $500\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$ geeignet.

Materialeigenschaften von Fluid Control-Dichtungen aus Hartmetall

WC bietet eine hohe Härte (HV $1800-2200 \pm 30$, lokal bis zu $2400-2600 \pm 50$) und seine hexagonale

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} $12\text{--}16\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu $18\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 120\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,015\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte $14,8\text{--}15,2\text{ g/cm}^3 \pm 0,1\text{ g/cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 wird eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm/Jahr} \pm 0,001\text{ mm/Jahr}$, Cl^- -Beständigkeit $> 5000\text{ Stunden} \pm 200\text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ behält $90\% \pm 2\%$ der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität $> 95\% \pm 2\%$).

Funktionsprinzip von Fluidkontrolldichtungen aus Hartmetall Dichtungen

verhindern Fluidlecks durch engen Kontakt und elastische Deformation unter der Einwirkung von Ventilen, Pumpen oder Rohrleitungssystemen (Druck $50\text{--}300\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$, Durchflussrate $1\text{--}10\text{ m/s} \pm 1\text{ m/s}$, Leistung $50\text{--}300\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$). Die Dichtungsoberfläche ist hohem Druck und hoher thermischer Belastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, im Extremfall bis zu $600\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), und das Matrixmaterial bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit $30\text{--}40\text{ W/m}\cdot\text{K} \pm 2\text{ W/m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6\text{-mal} \pm 10^5\text{-mal}$, zyklische Belastung $> 150\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$). Das Präzisionsdesign der Dichtung gewährleistet, dass die Toleranz auf $\pm 0,005\text{ mm} \pm 0,002\text{ mm}$ kontrolliert wird, die Oberflächenrauheit $R_a < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$ und die Leckrate $< 0,001\text{ ml/min} \pm 0,0005\text{ ml/min}$ beträgt.

Die Leistung von Fluid Control-Dichtungen aus Hartmetall ist auf eine Lebensdauer von über 500–800 Stunden ± 50 Stunden bei

der Verarbeitung von Hochdruck-Erdgas (200 MPa), Meerwasser (mit $\text{Cl}^- > 3\% \pm 0,5\%$) oder Hochtemperaturdampf ($400\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) und eine Dichtungseffizienz von $99,99\% \pm 0,01\%$ (Leckagerate $< 0,001\text{ ml/min} \pm 0,0005\text{ ml/min}$) optimiert. Die SEM-Analyse zeigt keinen erkennbaren Verschleiß an der Oberfläche, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$), und die Wärmebildgebung zeigt eine thermische Spannungsverteilung von $< 100\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$.

Faktoren, die die Leistung von Fluid Control-Dichtungen aus Hartmetall beeinflussen: Der Co-Gehalt von

$6\text{--}10\% \pm 1\%$ erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, $< 6\% \pm 1\%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10\% \pm 2\%$, $> 10\% \pm 1\%$ reduziert die Härte um $5\% \pm 1\%$ und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und $7\text{--}9\% \pm 0,5\%$ werden bevorzugt, um sowohl Leistung als auch Kosten zu berücksichtigen.

Eine Korngröße von

$0,5\text{--}1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,015\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ ist für Umgebungen mit mittlerem Druck geeignet, $> 2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15\% \pm 3\%$ und verringert die Zähigkeit um $10\% \pm 2\%$. Ein

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

geometrischer

Kontaktwinkel von 5° – $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ optimiert die Dichtungsleistung (Leckagerate $<0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$), $>15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ verringert die Dichtungseffizienz um $5 \% \pm 1 \%$, $<5^{\circ} \pm 2^{\circ}$ führt leicht zu einem ungleichmäßigen Kontaktrisiko von $5 \% \pm 1 \%$.

Eine Oberflächenbehandlung

mit einer Dichtflächendicke von $2\text{--}3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (verlängerte Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$), $<2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, $>3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine CrN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400\text{--}450^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,2 \pm 0,05$) und verbessert die Korrosionsbeständigkeit (Cl^{-} -Beständigkeit $> 6000 \text{ Stunden} \pm 200 \text{ Stunden}$).

Wärmebehandlung:

Durch Abschrecken des Grundmaterials (Härte HRC $40\text{--}50 \pm 2$, Tiefe $1\text{--}3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $800\text{--}850^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) wird die Tragfähigkeit verbessert, die Lebensdauer der nicht abgeschreckten Basis wird um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und durch Anlassen ($200\text{--}250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $2\text{--}4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) werden die Restspannungen um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

von $> 500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ reduziert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$, ein Wassergehalt von $> 5 \% \pm 1 \%$ oder ein Verunreinigungsgehalt von $> 3 \% \pm 0,5 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$ und die Korrosionsrate in der Cl^{-} -Umgebung (Konzentration $> 0,5 \% \pm 0,1 \%$) steigt auf $0,015 \text{ mm/Jahr} \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Geräteparameter

Druck $50\text{--}300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, Durchfluss $1\text{--}10 \text{ m/s} \pm 1 \text{ m/s}$, Leistung $50\text{--}300 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinträchtigen die Lebensdauer und Effizienz der Dichtungen. Übermäßige Parameter ($>$ Obergrenze $10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

Arten von Hartmetall-Flüssigkeitskontrolldichtungen

Ringdichtungen

eignen sich für Hochdruckventile ($100\text{--}200 \text{ MPa}$), haben eine Größe von $10\text{--}30 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ und eine ausgezeichnete Druckbeständigkeit ($> 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

Sitzdichtungen

eignen sich für Chemiepumpen ($50\text{--}150 \text{ MPa}$), haben eine Größe von $5\text{--}20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ und eine hohe Korrosionsbeständigkeit (Cl^{-} -Beständigkeit $> 5000 \text{ Stunden} \pm 200 \text{ Stunden}$).

Hülsendichtungen

werden in Hydrauliksystemen der Luftfahrt ($200\text{--}300 \text{ MPa}$) verwendet, haben eine Größe von $15\text{--}40 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ und eine hohe Temperaturbeständigkeit ($> 500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$).

Zu den Spezialdichtungen

zählen Ultrahochtemperatur- ($> 600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) und ultrakorrosive Typen für extreme Umgebungen.

Anwendung von Dichtungen zur Flüssigkeitssteuerung aus Hartmetall: In der Öl- und Gasindustrie

werden sie für Hochdruckventile für Erdgas ($200\text{--}300 \text{ MPa}$) mit einer Lebensdauer von $600\text{--}800 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ gemäß API 6A-Standards verwendet. In

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

der chemischen Industrie

werden sie für Pumpen für korrosive Flüssigkeiten (50 – 150 MPa) verwendet, die beständig gegen Cl⁻-Korrosion (> 5000 Stunden ± 200 Stunden) sind und den Standards ISO 10423 entsprechen.

In der Luft- und Raumfahrt

werden sie für Dichtungen für Hydrauliksysteme (200 – 300 MPa) verwendet, die hochtemperaturbeständig (> 500 °C ± 20 °C) sind, um die Zuverlässigkeit gemäß AMS 2750-Standards zu gewährleisten.

Die Wasseraufbereitung

eignet sich für Seewasserpipelines (Druck 50 – 100 MPa), die korrosionsbeständig gegen Seewasser sind (> 6000 Stunden ± 200 Stunden) und den Standards DNVGL-RP-C203 entsprechen.

Energieausrüstung

wird für Hochtemperatur-Dampfventile (300–400 MPa), Hitzebeständigkeit (> 500 °C ± 20 °C), gemäß ASME B16.34-Standard verwendet.

Medizinische Ausrüstung

wird für die Hochdruck-Flüssigkeitszufuhr (50–100 MPa), Korrosionsbeständigkeit (> 4000 Stunden ± 100 Stunden), gemäß ISO 13485-Standard verwendet.

Die Schiffbauindustrie

wird für Seewasserkühlsysteme (50–150 MPa), Schlagfestigkeit (> 50 J ± 5 J), gemäß ISO 8062-Standard verwendet. Die

elektronische Fertigung

wird für die Halbleiter-Prozessgassteuerung (100–200 MPa), Oberflächenrauheit Ra < 0,1 µm ± 0,05 µm, gemäß SEMI F19-Standard verwendet.

Der Schienenverkehr

wird für Hochdruckbremsysteme (150–250 MPa) und Leckagereduzierung (<0,001 ml/min ± 0,0005 ml/min) gemäß der Norm EN 13452 verwendet.

Baupipelines

werden für die Abdichtung von Hochdruckwasserrohren (50–100 MPa) und Verschleißfestigkeit > 95 % ± 2 % gemäß der Norm ASTM F1476 verwendet.

Nationale und internationale Normen für Flüssigkeitskontrolldichtungen aus Hartmetall.

Zu den nationalen und internationalen Normen gehören alle folgenden relevanten Normen und ihre Nummern:

API 6A (Standard für Öl- und Gasrausrüstung)

ISO 10423 (Norm für Ventile und Bohrlochkopfausrüstung)

AMS 2750 (Standard für die Wärmebehandlung in der Luft- und Raumfahrt)

DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)

ASME B16.34 (Standard für Ventildruck und -temperatur)

ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

ISO 8062 (Gusstoleranznorm)

SEMI F19 (Halbleiterfertigungsstandard)

EN 13452 (Norm für Eisenbahnbremsysteme)

ASTM F1476 (Standard für Rohrleitungssysteme)

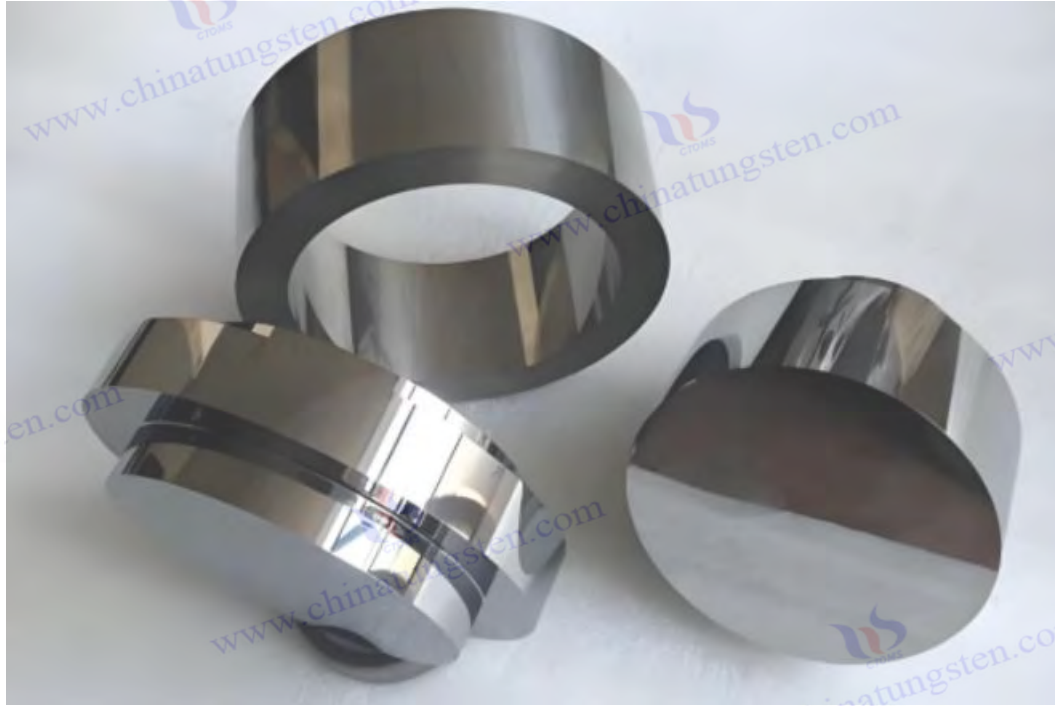
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)

JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)



Hartmetall-Drahtziehsteine

Hartmetall-Drahtziehwerkzeuge sind Hochleistungswerkzeuge zum Ziehen von Metalldrähten, -stangen und -rohren und finden breite Anwendung in der Draht- und Kabelindustrie, der Automobilindustrie und der Präzisionsfertigung. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit Präzisionsformung und verschleißfesten Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und lange Lebensdauer bei hoher Ziehkraft, hoher Geschwindigkeit und komplexen Arbeitsbedingungen. Als zentrales Element des Ziehprozesses beeinflussen Hartmetall-Drahtziehwerkzeuge dank ihrer hervorragenden Präzision und Haltbarkeit direkt die Drahtpräzision, die Oberflächenqualität und die Produktionseffizienz. Die technologische Innovation im Jahr 2025 macht sie besonders attraktiv für die Verarbeitung hochfester Materialien.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetall-Drahtziehwerkzeugen

. Hartmetall-Drahtziehwerkzeuge verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90 \% \pm 1 \%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-10 \% \pm 1 \%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2 \% \pm 0,1 \%$, $\text{VC} <1 \% \pm 0,1 \%$, TaC $1-3 \% \pm 0,2 \%$, NbC $0,5-1,5 \% \pm 0,1 \%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9 \% \pm 0,1 \%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1 \% \pm 0,05 \%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95 \% \pm 2 \%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98 \% \pm 1 \%$.

Die geometrische Gestaltung des Ziehsteins ist an den Drahtdurchmesser angepasst und umfasst eine konische Matrizenbohrung und eine Kompressionszone mit einem Innendurchmesser von $0,1-20\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ und einer Matrizenlnge von $20-50\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$. Der Ziehstein ist auf einer Stahl-Matrizenhülse (Zugfestigkeit $>1200\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, Härte $\text{HRC } 45-55 \pm 2$) montiert. Die Befestigungsmethoden umfassen mechanische Presspassung (Presskraft $>12\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$) oder Kleben (Bindefestigkeit $>600\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$). Dies gewährleistet einen stabilen Betrieb bei hohen Ziehkraften ($50-300\text{ N} \pm 10\text{ N}$, Spitzenwert bis $400\text{ N} \pm 20\text{ N}$). Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN , TiAlN oder DLC , Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Matrizenlochoberflche aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,1 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit sowie die Glätte (Oberflächenrauheit $\text{Ra} <0,05\text{ }\mu\text{m} \pm 0,02\text{ }\mu\text{m}$) verbessert. Das Design integriert Ziehmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Kegelwinkel von $10^\circ-20^\circ \pm 2^\circ$ und einem Kompressionsverhältnis von $1,2-2,0 \pm 0,1$ und ist für eine Vielzahl von Materialien mit einer Zugfestigkeit von $300-1500\text{ MPa}$ geeignet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Materialeigenschaften von Drahtziehmatrizen aus Hartmetall

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30, lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur > 800 °C ± 20 °C, Oxidationsbeständigkeit > 95 % ± 2 %); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_1 c 12–16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, Spitzenwert bis zu 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5) und absorbiert Aufprallenergie (> 60 J ± 5 J, momentaner Spitzenwert > 150 J ± 10 J). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate < 0,02 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (vorzugsweise < 0,01 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), Dichte 14,8–15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Durch Zugabe von Cr₃C₂ entsteht eine Cr₂O₃-Schutzschicht (Dicke < 0,1 µm ± 0,01 µm), die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr, Cl⁻-Beständigkeit > 3000 Stunden ± 100 Stunden); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte (> 900 °C ± 20 °C behält 90 % ± 2 % der Ausgangshärte bei, thermische Stabilität > 95 % ± 2 %).

Funktionsprinzip einer Hartmetall-Drahtziehmatrize

: Die Drahtziehmatrize zieht das Metallmaterial durch Kompression und plastische Verformung der Matrizenöffnung unter Einwirkung der Ziehmaschine (Ziehgeschwindigkeit 5 – 50 m/s ± 2 m/s, Ziehkraft 50 – 300 N ± 10 N, Leistung 20 – 200 kW ± 50 kW). Die Oberfläche der Matrizenöffnung ist hoher Reibung und Wärmebelastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur 100 – 400 °C ± 20 °C), und die Matrizenhülse bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit > 1.200 MPa ± 50 MPa), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40 – 50 W/m·K ± 2 W/m·K) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer > 10⁶-mal ± 10⁵-mal, zyklische Belastung > 150 MPa ± 20 MPa). Die Präzisionskonstruktion des Drahtziehsteins gewährleistet, dass die Toleranz auf ± 0,005 mm ± 0,002 mm, die Oberflächenrauheit Ra < 0,05 µm ± 0,02 µm und die Drahtdurchmesserabweichung < 0,01 mm ± 0,005 mm kontrolliert wird.

Leistung von Hartmetall-Drahtziehmatrizen:

Beim Ziehen von Kupferdraht (Zugfestigkeit 400 MPa), Stahldraht (1000 MPa) oder Aluminiumdraht (300 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Drahtziehmatrizen mehr als 500–800 Stunden ± 50 Stunden, und die Produktionseffizienz erreicht 100–500 m/min ± 10 m/min (Leistung > 100 kW ± 50 kW). Die SEM-Analyse zeigt keinen erkennbaren Verschleiß der Matrizenöffnung, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase (> 95 % ± 2 %), und die Wärmebildung zeigt eine Wärmespannungsverteilung von < 120 MPa ± 10 MPa.

Faktoren, die die Leistung von Drahtziehmatrizen aus Hartmetall beeinflussen:

Ein Co-Gehalt von

6–10 % ± 1 % erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, < 6 % ± 1 % führt zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % ± 2 %, > 10 % ± 1 % reduziert die Härte um 5 % ± 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und 7–9 % ± 0,5 % werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Korngröße

0,5–1 µm ± 0,01 µm verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate < 0,01 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), 1–1,5 µm ± 0,01 µm ist für Materialien mittlerer Härte geeignet, > 2 µm ± 0,01

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm erhöht die Verschleißrate um $15\% \pm 3\%$ und verringert die Zähigkeit um $10\% \pm 2\%$. Der

geometrische

Kegelwinkel von $10^\circ\text{--}20^\circ \pm 2^\circ$ optimiert die Zieheffizienz (Ziehkraft $<200\text{ N} \pm 10\text{ N}$, Energieverbrauch $<10\text{ kWh/m}^3 \pm 1\text{ kWh/m}^3$), $>20^\circ \pm 2^\circ$ verringert die Effizienz um $10\% \pm 2\%$, $<10^\circ \pm 2^\circ$ führt leicht zu einem Drahtbruchrisiko von $5\% \pm 1\%$.

Die Oberflächenbehandlung

der Matrizenlochdicke $1\text{--}2\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$ verlängert), $<1\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$, $>2\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15\% \pm 2\%$. Eine DLC-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $200\text{--}300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,1 \pm 0,05$) und verbessert die Glätte ($R_a < 0,05\text{ }\mu\text{m} \pm 0,02\text{ }\mu\text{m}$).

Wärmebehandlung:

Das Abschrecken der Matrizenhülse (Härte HRC $45\text{--}55 \pm 2$, Tiefe $1\text{--}3\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850\text{--}900\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$) verbessert die Tragfähigkeit, während die Lebensdauer der nicht abgeschreckten Matrizenhülse um $15\% \pm 3\%$ reduziert wird. Anlassen ($200\text{--}250\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, $2\text{--}4\text{ Stunden} \pm 0,5\text{ Stunden}$) reduziert die Eigenspannung um $5\% \pm 1\%$. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

über $400\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$ reduziert die Härte um $3\% \pm 1\%$, ein Wassergehalt über $5\% \pm 1\%$ oder ein Verunreinigungsgehalt über $3\% \pm 0,5\%$ erhöht den Verschleiß um $5\% \pm 1\%$, und die Korrosionsrate in der Cl⁻-Umgebung (Konzentration über $0,5\% \pm 0,1\%$) steigt auf $0,015\text{ mm/Jahr} \pm 0,002\text{ mm/Jahr}$.

Geräteparameter:

Ziehgeschwindigkeit $5\text{--}50\text{ m/s} \pm 2\text{ m/s}$, Ziehkraft $50\text{--}300\text{ N} \pm 10\text{ N}$, Leistung $20\text{--}200\text{ kW} \pm 50\text{ kW}$ beeinflussen die Lebensdauer und Effizienz des Drahtziehsteins. Übermäßige Parameter ($>$ Obergrenze $10\% \pm 1\%$) verkürzen die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$.

Arten von Hartmetall-Drahtziehsteinen Feindrahtziehsteine

eignen

sich für Kupfer- oder Aluminiumdraht ($300\text{--}500\text{ MPa}$), mit einem Innenlochdurchmesser von $0,1\text{--}1\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ und einer Lebensdauer von $> 600\text{ Stunden} \pm 50\text{ Stunden}$.

Mittel- und Dickdrahtziehsteine

eignen sich für Stahldraht ($800\text{--}1200\text{ MPa}$), mit einem Innenlochdurchmesser von $2\text{--}10\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ und hoher Auszugsfestigkeit ($> 200\text{ N} \pm 10\text{ N}$).

Rohrziehsteine

werden für Edelstahlrohre ($1000\text{--}1500\text{ MPa}$) verwendet, mit einem Innenlochdurchmesser von $5\text{--}20\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$ und ausgezeichneter Hochdruckfestigkeit ($> 300\text{ N} \pm 10\text{ N}$). Zu den

speziellen Drahtziehsteinen

gehören Hochtemperatur- ($> 400\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$) und korrosionsbeständige Typen für extreme Umgebungen.

Anwendung von Hartmetall-Drahtziehwerkzeugen

Drähte und Kabel

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

werden zum Ziehen von Kupferdrähten (400 – 500 MPa) verwendet, mit einer Lebensdauer von 600 – 800 Stunden $\pm$ 50 Stunden, gemäß IEC 60228-Standard.

Autoteile

werden zum Ziehen von Stahldrähten (800 – 1.200 MPa) verwendet, mit einer Auszugskraft ($> 200 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$), um eine effiziente Produktion gemäß ISO 8458-Standard zu gewährleisten.

Präzisionsfertigung

wird zum Ziehen von Edelstahlrohren (1.000 – 1.500 MPa) verwendet, mit einer Oberflächenrauheit $R_a < 0,05 \mu\text{m} \pm 0,02 \mu\text{m}$, gemäß ISO 286-Standard.

Energiegeräte

werden zum Ziehen von Hochspannungsdrähten (600 – 1.000 MPa) mit Hitzebeständigkeit ($> 400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) gemäß API 6A-Standard verwendet.

Korrosive Umgebungen

eignen sich zum Ziehen salzhaltiger Stahldrähte, die gegen Seewasserkorrosion beständig sind ($> 3000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, Beständigkeit gegen Cl^- -Konzentration $> 3,5 \% \pm 0,5 \%$), gemäß Standard DNVGL-RP-C203.

Medizinische Geräte

werden zum Ziehen von Drähten aus Titanlegierungen (800 – 1200 MPa) verwendet, Korrosionsbeständigkeit ($> 4000 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$), gemäß Standard ISO 13485.

der Schiffbauindustrie

werden Stahlkabel (700 – 1000 MPa) gezogen, Schlagfestigkeit ($> 60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$), gemäß Standard ISO 8062. In der

Elektronikfertigung

werden feine Kupferdrähte (300 – 500 MPa) gezogen, Genauigkeit $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, gemäß Standard SEMI F19.

Zum Ziehen von Bahndrähten (800–1.200 MPa) wird der

Schienenverkehr genutzt, wodurch der Abfall ($< 1 \% \pm 0,5 \%$) gemäß der Norm EN 13674 reduziert wird. Zum Ziehen von Stahlstangen (600–900 MPa) wird

Baubeschläge

mit einer Oberflächengüte $R_a < 0,05 \mu\text{m} \pm 0,02 \mu\text{m}$ gemäß der Norm ASTM A615 verwendet.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung von Hartmetall-Drahtziehmatrizen. Neue Materialien

verwenden Nano-WC (Korngröße $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$) und fügen TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität ($> 400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$, um $95 \% \pm 2 \%$ zu halten) zu verbessern.

Intelligente Überwachungssensoren

(Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwachen den Matrizenlochverschleiß (Tiefe $> 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und die Temperatur ($< 400 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) in Echtzeit und optimieren die Austauschzyklen (Fehler $< 5 \% \pm 1 \%$).

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Drahtziehmatrizen, wodurch der Materialabfall um $10 \% \pm 2 \%$ reduziert wird.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Umweltverträglichkeit:

Entwicklung korrosionsbeständiger und temperaturbeständiger Drahtziehwerkzeuge (Druckfestigkeit $> 400 \text{ N} \pm 20 \text{ N}$, Temperaturbeständigkeit $> 500 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80 \% \pm 5 \%$) reduziert den CO_2 -Fußabdruck (CO_2 -Reduktion $20 \% \pm 3 \%$) gemäß ISO 14040.

Relevante in- und ausländische Normen

Zu den in- und ausländischen Normen zählen alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

IEC 60228 (Leitungs- und Kabelnorm)

ISO 8458 (Norm für Stahldrähte in der Automobilindustrie)

ISO 286 (Geometrische Produktspezifikationen und Toleranzen)

API 6A (Standard für Öl- und Gasausrüstung)

DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)

ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

ISO 8062 (Gusstoleranznorm)

SEMI F19 (Halbleiterfertigungsstandard)

EN 13674 (Eisenbahnnorm)

ASTM A615 (Stahlstandard)

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)

JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Verschleißfeste Düse aus Hartmetall

Die verschleißfeste Hartmetalldüse ist ein Hochleistungs-Einspritzelement, das für verschleißintensive, schnelle Einspritzungen und korrosive Umgebungen entwickelt wurde. Sie wird häufig beim Sandstrahlen, Spritzen, Ölbohren und chemischen Sprühen eingesetzt. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System), kombiniert mit Präzisionsbearbeitung und verschleißfesten Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so die Einspritzeffizienz und langfristige Zuverlässigkeit auch unter extremen Arbeitsbedingungen. Als unermüdlicher Wächter des Einspritzsystems beeinflusst die verschleißfeste Hartmetalldüse mit ihren robusten Eigenschaften direkt die Einspritzgenauigkeit, den Materialverbrauch und die Lebensdauer der Anlage. Der technologische Durchbruch im Jahr 2025 macht sie besonders leistungsstark in Umgebungen mit hohem Verschleiß.

Physikalische und chemische Eigenschaften von verschleißfesten Düsen aus Hartmetall.

Hartmetalldüsen verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-10\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngre wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung der Düse wird den Injektionsanforderungen angepasst. Sie umfasst konische oder gerade Düsen mit einem Innendurchmesser von $0,5-10\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$, einem Außendurchmesser von $10-30\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ und einer Länge von $20-50\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$, montiert auf einem Träger aus Edelstahl oder Titanlegierung (Zugfestigkeit $>1000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, Härte HRC $40-50 \pm 2$). Die Befestigungsmethoden umfassen mechanische Gewindeverbindungen (Drehmoment $>15\text{ N}\cdot\text{m} \pm 1\text{ N}\cdot\text{m}$) oder Schweißverbindungen (Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), um einen stabilen Betrieb bei Hochdruckinjektion ($10-50\text{ MPa} \pm 2\text{ MPa}$, Spitzenwert bis zu $60\text{ MPa} \pm 3\text{ MPa}$) zu gewährleisten. Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN, CrN oder WC/C, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Dsenoberflche aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,15 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz (Hafrate $<1\% \pm 0,5\%$) verbessert. Das Design integriert Strömungsmechanik und Wrmebertragungsoptimierung mit einem Sprühwinkel von $15-30\text{ }^\circ \pm 2\text{ }^\circ$ und ist für

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Betriebstemperaturen von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $600\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ geeignet.

Eigenschaften von Hartmetall-Verschleißdüsen

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 $\pm$ 30, lokal bis zu 2400–2600 $\pm$ 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $> 95\% \pm 2\%$); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} c 12–16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$, momentaner Spitzenwert $> 120\text{ J} \pm 10\text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (vorzugsweise $< 0,015\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), Dichte 14,8–15,2 $\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,1\text{ g}/\text{cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 wird eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\text{ mm}/\text{Jahr} \pm 0,001\text{ mm}/\text{Jahr}$, Cl^- -Beständigkeit $> 5000\text{ Stunden} \pm 200\text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ behält $90\% \pm 2\%$ der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität $> 95\% \pm 2\%$).

Funktionsprinzip verschleißfester Düsen aus Hartmetall:

Die Düse beschleunigt das Fluid oder die Partikel durch die Düse, um unter Einwirkung einer Hochdruckpumpe oder eines Kompressors (Druck 10 – 50 $\text{MPa} \pm 2\text{ MPa}$, Einspritzgeschwindigkeit 50 – 200 $\text{m/s} \pm 10\text{ m/s}$, Leistung 20 – 150 $\text{kW} \pm 50\text{ kW}$) eine Einspritzung zu erreichen. Die Düsenoberfläche ist hohem Verschleiß und hoher thermischer Belastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur 100 – 600 $^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, im Extremfall bis zu 700 $^{\circ}\text{C} \pm 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), und das Matrixmaterial bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1000\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 30 – 40 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K} \pm 2\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal, zyklische Belastung $> 150\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$). Das Präzisionsdesign der Düse gewährleistet, dass die Toleranz auf $\pm 0,005\text{ mm} \pm 0,002\text{ mm}$ kontrolliert wird, die Oberflächenrauheit $R_a < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$ und die Einspritzabweichung $< 0,5^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ beträgt.

Die Leistung verschleißfester Düsen aus Hartmetall beträgt

unter Sandstrahlschlamm (Härte HV 800 $\pm$ 50), Ölbohrflüssigkeit (mit $\text{Cl}^- > 3\% \pm 0,5\%$) oder Hochtemperaturdampf (500 $^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) mehr als 400–700 Stunden ± 50 Stunden. Die optimierte Düsenlebensdauer übersteigt 400–700 Stunden ± 50 Stunden, und die Einspritzeffizienz erreicht $95\% \pm 2\%$ (Einspritzmengenabweichung $< 1\% \pm 0,5\%$). Die SEM-Analyse zeigt keinen offensichtlichen Verschleiß der Düse, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\% \pm 2\%$), und die Wärmebildgebung zeigt eine thermische Spannungsverteilung von $< 150\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$.

Faktoren, die die Leistung verschleißfester Düsen aus Hartmetall beeinflussen. Ein

Co-Gehalt von

6–10 $\% \pm 1\%$ erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. $< 6\% \pm 1\%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10\% \pm 2\%$. $> 10\% \pm 1\%$ reduziert die Härte um $5\% \pm 1\%$ und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). Um sowohl Leistung als auch

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kosten zu berücksichtigen, werden $7-9\% \pm 0,5\%$ bevorzugt.

Korngröße

$0,5-1\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,015\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1-1,5\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ ist für Umgebungen mit mittlerem Verschleiß geeignet, $> 2\ \mu\text{m} \pm 0,01\ \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15\% \pm 3\%$ und verringert die Zähigkeit um $10\% \pm 2\%$.

Geometrischer Winkel

Der Sprühwinkel $15^\circ-30^\circ \pm 2^\circ$ optimiert die Sprüheffizienz (Druck $< 40\ \text{MPa} \pm 2\ \text{MPa}$, Energieverbrauch $< 15\ \text{kWh}/\text{m}^3 \pm 1\ \text{kWh}/\text{m}^3$), $> 30^\circ \pm 2^\circ$ verringert die Effizienz um $10\% \pm 2\%$, $< 15^\circ \pm 2^\circ$ birgt leicht das Risiko eines ungleichmäßigen Sprühens von $5\% \pm 1\%$.

Eine Düsenoberflächenbehandlung

mit einer Dicke von $1-2\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Verlängerung der Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$), $< 1\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20\% \pm 3\%$, $> 2\ \text{mm} \pm 0,1\ \text{mm}$ erhöht die Kosten um $15\% \pm 2\%$. Eine WC/C-Beschichtung (Dicke $0,5-1\ \mu\text{m} \pm 0,1\ \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $300-400\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($< 0,15 \pm 0,05$) und verbessert die Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit $> 6000\ \text{Stunden} \pm 200\ \text{Stunden}$).

Wärmebehandlung:

Durch Abschrecken des Grundmaterials (Härte HRC $40-50 \pm 2$, Tiefe $1-3\ \text{mm} \pm 0,2\ \text{mm}$, Abschrecktemperatur $800-850\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$) wird die Tragfähigkeit verbessert, die Lebensdauer des nicht abgeschreckten Grundmaterials wird um $15\% \pm 3\%$ reduziert und durch Anlassen ($200-250\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$, $2-4\ \text{Stunden} \pm 0,5\ \text{Stunden}$) werden die Restspannungen um $5\% \pm 1\%$ reduziert.

Bei einer

Arbeitsumgebungstemperatur

von $> 600\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$ verringert sich die Härte um $3\% \pm 1\%$, bei einem Wassergehalt von $> 5\% \pm 1\%$ oder einem Verunreinigungsgehalt von $> 3\% \pm 0,5\%$ erhöht sich der Verschleiß um $5\% \pm 1\%$ und die Korrosionsrate in der Cl⁻-Umgebung (Konzentration $> 0,5\% \pm 0,1\%$) steigt auf $0,015\ \text{mm}/\text{Jahr} \pm 0,002\ \text{mm}/\text{Jahr}$.

Die Geräteparameter

Druck $10-50\ \text{MPa} \pm 2\ \text{MPa}$, Einspritzgeschwindigkeit $50-200\ \text{m/s} \pm 10\ \text{m/s}$ und Leistung $20-150\ \text{kW} \pm 50\ \text{kW}$ beeinflussen die Lebensdauer und Effizienz der Düse. Übermäßige Parameter ($> 10\% \pm 1\%$) verkürzen die Lebensdauer um $15\% \pm 2\%$.

Arten von verschleißfesten Hartmetalldüsen

Sandstrahldüsen

eignen sich zum Mörtelspritzen (Härte HV 800 ± 50), Innendurchmesser $1-5\ \text{mm} \pm 0,01\ \text{mm}$, Lebensdauer $> 500\ \text{Std.} \pm 50\ \text{Std.}$.

Ölbohrdüsen

werden zum Einspritzen von Bohrflüssigkeit verwendet (Druck $20-40\ \text{MPa}$), Innendurchmesser $2-8\ \text{mm} \pm 0,01\ \text{mm}$, hohe Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit $> 5000\ \text{Std.} \pm 200\ \text{Std.}$).

Sprühdüsen

eignen sich zum Spritzen bei hohen Temperaturen ($500\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$), Innendurchmesser $0,5-3\ \text{mm} \pm 0,01\ \text{mm}$, ausgezeichnete Hitzebeständigkeit ($> 600\ ^\circ\text{C} \pm 20\ ^\circ\text{C}$). Zu

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

den Spezialdüsen gehören Düsen

für ultrahohe Temperaturen ($> 700\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$) und ultrakorrosive Typen für extreme Umgebungen.

Anwendung von verschleißfesten Hartmetалldüsen.

Sandstrahlen

wird zum Sandstrahlen von Stahloberflächen verwendet (Härte HV 800 ± 50), Lebensdauer 500–700 Stunden ± 50 Stunden, gemäß Norm ISO 8501.

Ölbohrungen

werden zum Einspritzen von Bohrflüssigkeiten verwendet (20–40 MPa), beständig gegen Cl-Korrosion (> 5000 Stunden ± 200 Stunden), gemäß Norm API 7-1.

Die Sprühindustrie

wird für Hochtemperatur-Keramikbeschichtungen ($500\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$) verwendet, Hitzebeständigkeit ($> 600\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$), um ein gleichmäßiges Sprühen sicherzustellen, gemäß Norm ISO 14918.

Chemisches Sprühen

ist geeignet zum Sprühen korrosiver chemischer Flüssigkeiten (10–30 MPa), Seewasserkorrosionsbeständigkeit (> 6000 Stunden ± 200 Stunden), gemäß Norm ISO 10423.

Energieausrüstung

wird für Hochtemperaturdampfinjektion (30–50 MPa), Hitzebeständigkeit ($> 600\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$), in Übereinstimmung mit der Norm ASME B16.34 verwendet.

Medizinische Geräte

werden für pharmazeutische Sprays (10–20 MPa), Korrosionsbeständigkeit (> 4000 Stunden ± 100 Stunden), in Übereinstimmung mit der Norm ISO 13485 verwendet. In

der Schiffbauindustrie

wird es für Seewasserreinigungssprays (15–25 MPa), Schlagfestigkeit ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$), in Übereinstimmung mit der Norm ISO 8062 verwendet. In

der Elektronikfertigung

wird es für Halbleiterreinigungssprays (20–30 MPa), Oberflächenrauheit $R_a < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$, in Übereinstimmung mit der Norm SEMI F19 verwendet. In

der Eisenbahnwartung

wird es für das Schienensandstrahlen (15–30 MPa) verwendet, wodurch der Verschleiß verringert wird ($< 1\% \pm 0,5\%$), in Übereinstimmung mit der Norm EN 13674.

Bauspritzen

wird zum Betonspritzen (10–20 MPa) verwendet, Verschleißfestigkeit $> 95\% \pm 2\%$, gemäß ASTM C143-Standard.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung verschleißfester Düsen aus Hartmetall.

Neue Materialien

verwenden Nano-WC (Korngröße $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte (HV 2200–2600 ± 50) und TaC und NbC zur Verbesserung der Hochtemperaturstabilität ($> 700\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$, um 95 % $\pm 2\%$ zu halten).

Intelligente Überwachungssensoren

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(Genauigkeit $\pm 0,05\%$) überwachen Düsenverschleiß (Tiefe $> 0,5\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$) und Temperatur ($< 700\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$) in Echtzeit und optimieren Austauschzyklen (Fehler $< 5\% \pm 1\%$).

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Düsen, wodurch der Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert wird.

Dank der Umweltverträglichkeit

werden Düsen für extrem hohe Korrosions- und Temperaturbeständigkeit (Druckfestigkeit $> 60\text{ MPa} \pm 3\text{ MPa}$, Temperaturfestigkeit $> 700\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$) entwickelt.

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingquote $> 80\% \pm 5\%$) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Reduktion $20\% \pm 3\%$) gemäß ISO 14040.

Nationale und internationale Normen für verschleißfeste Düsen aus Hartmetall.

Zu den nationalen und internationalen Normen zählen alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

ISO 8501 (Norm für Oberflächenbehandlung)

API 7-1 (Standard für Erdölbohrgeräte)

ISO 14918 (Norm für thermisches Spritzen)

ISO 10423 (Norm für Ventile und Bohrlochkopfausrüstung)

ASME B16.34 (Druck- und Temperaturnorm für Ventile)

ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

ISO 8062 (Gusstoleranznorm)

SEMI F19 (Halbleiterfertigungsstandard)

EN 13674 (Eisenbahnnorm)

ASTM C143 (Betonprüfnorm)

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)

JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-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

Was ist ein verschleißfester Ventileinsatz aus Hartmetall?

Der verschleißfeste Hartmetall-Ventileinsatz ist eine Hochleistungs-Ventilkomponente für Hochdruck-, Verschleiß- und Korrosionsumgebungen. Er findet breite Anwendung in der Öl- und Gasindustrie, der chemischen Industrie, der Energietechnik und der Wasseraufbereitung. Sein Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit Präzisionsbearbeitung und korrosionsbeständigen Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so die Ventildichtheit und langfristige Zuverlässigkeit unter extremen Betriebsbedingungen. Als robuster Schutz im Ventilsystem trägt der verschleißfeste Hartmetall-Ventileinsatz durch seine unerschütterliche Leistung direkt zur Genauigkeit der Flüssigkeitsregelung, der Leckrate und der Gerätelebensdauer bei. Technologische Innovationen sorgen für eine bessere Leistung in komplexen Umgebungen.

Physikalische und chemische Eigenschaften des verschleißfesten Ventilkerns aus Hartmetall.

Der Ventilkern aus Hartmetall verwendet Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-10\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißeisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung des Ventilkerns ist je nach Ventiltyp individuell angepasst und umfasst kugelförmige, konische oder zylindrische Strukturen mit einem Durchmesser von $5-50\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ und einer Länge von $10-60\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$. Der Ventilkörper besteht aus Edelstahl oder Titanlegierung (Zugfestigkeit $>1200\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, Härte HRC $40-50 \pm 2$). Die Befestigungsmethoden umfassen mechanisches Presspassen (Presskraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$) oder Hochfrequenzschweißen (Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$). Dies gewährleistet einen stabilen Betrieb unter hohem Druck ($50-300\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$, Spitzenwert bis zu $400\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$). Mehrschichtbeschichtungen (z. B. TiN, CrN oder WC/C, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) können auf die Oberfläche des Ventilkerns aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,15 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz (Hafrate $<1\% \pm 0,5\%$) verbessert. Das Design kombiniert Strömungsmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Kontaktwinkel von $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ und ist für Betriebstemperaturen von $-50\text{ }^\circ\text{C}$ bis $500\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$ geeignet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Eigenschaften des verschleißfesten Ventilkerns aus Hartlegierung

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30, lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur > 800 °C ± 20 °C, Oxidationsbeständigkeit > 95 % ± 2 %); Co verbessert die Zähigkeit (K_{IC} 12–16 MPa·m^{1/2} ± 0,5, Spitzenwert bis zu 18 MPa·m^{1/2} ± 0,5) durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation und absorbiert Aufprallenergie (> 50 J ± 5 J, momentaner Spitzenwert > 120 J ± 10 J). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (vorzugsweise < 0,015 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), Dichte 14,8–15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Durch Zugabe von Cr₃C₂ wird eine Cr₂O₃-Schutzschicht (Dicke < 0,1 µm ± 0,01 µm) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr, Cl⁻-Beständigkeit > 5000 Stunden ± 200 Stunden); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte (> 900 °C ± 20 °C behält 90 % ± 2 % der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität > 95 % ± 2 %).

Funktionsprinzip des verschleißfesten Ventilkerns aus Hartmetall.

Der Ventilkern reguliert den Flüssigkeitsfluss durch Drehung oder Bewegung unter der Einwirkung des Ventils (Druck 50 – 300 MPa ± 10 MPa, Durchflussrate 1 – 10 m/s ± 1 m/s, Leistung 50 – 300 kW ± 50 kW). Die Oberfläche des Ventilkerns ist hoher Reibung und thermischer Belastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur –50 °C bis 500 °C ± 20 °C, im Extremfall bis zu 600 °C ± 30 °C), und der Ventilkörper bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit > 1200 MPa ± 50 MPa), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 30 – 40 W/m·K ± 2 W/m·K) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer > 10⁶-mal ± 10⁵-mal, zyklische Belastung > 150 MPa ± 20 MPa). Die Präzisionskonstruktion des Ventilkerns gewährleistet, dass die Toleranz auf ± 0,005 mm ± 0,002 mm kontrolliert wird, die Oberflächenrauheit Ra < 0,1 µm ± 0,05 µm und die Leckrate < 0,001 ml/min ± 0,0005 ml/min beträgt.

Die Leistung des verschleißfesten Hartmetall-Ventilkerns liegt darin, dass die optimierte Lebensdauer des Ventilkerns bei

der Verarbeitung von Hochdruck-Erdgas (200 MPa), Meerwasser (mit Cl⁻ > 3 % ± 0,5 %) oder Hochtemperaturdampf (400 °C ± 20 °C) 500–800 Stunden ± 50 Stunden übersteigt und die Dichtleistung 99,99 % ± 0,01 % erreicht (Leckagerate < 0,001 ml/min ± 0,0005 ml/min). Die SEM-Analyse zeigt keinen offensichtlichen Verschleiß an der Oberfläche, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase (> 95 % ± 2 %) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung < 100 MPa ± 10 MPa beträgt.

Faktoren, die die Leistung von verschleißfesten Ventilkernen aus Hartmetall beeinflussen:

Ein Co-Gehalt von

6–10 % ± 1 % erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, < 6 % ± 1 % führt zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % ± 2 %, > 10 % ± 1 % reduziert die Härte um 5 % ± 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und 7–9 % ± 0,5 % werden bevorzugt, um sowohl Leistung als auch Kosten zu berücksichtigen.

Eine Korngröße von

0,5–1 µm ± 0,01 µm verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate < 0,015

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Umgebungen mit mittlerem Druck geeignet, $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$. Ein

geometrischer

Kontaktwinkel von $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ optimiert die Dichtungsleistung (Leckagerate $<0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$), $>15^\circ \pm 2^\circ$ verringert die Dichtungseffizienz um $5 \% \pm 1 \%$, $<5^\circ \pm 2^\circ$ führt leicht zu einem Risiko von ungleichmäßigem Kontakt von $5 \% \pm 1 \%$.

Eine Oberflächenbehandlung

des Ventilkerns mit einer Dicke von $2-3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (verlängerte Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$), $<2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, $>3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine CrN-Beschichtung (Dicke $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400-450^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,2 \pm 0,05$) und verbessert die Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit $> 6000 \text{ Stunden} \pm 200 \text{ Stunden}$).

Wärmebehandlung:

Das Abschrecken des Ventilkörpers (Härte HRC $40-50 \pm 2$, Tiefe $1-3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $800-850^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verbessert die Tragfähigkeit und reduziert die Lebensdauer des nicht abgeschreckten Ventilkörpers um $15 \% \pm 3 \%$. Durch Anlassen ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) werden die Eigenspannungen um $5 \% \pm 1 \%$ reduziert.

Eine Umgebungstemperatur

von $>500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ verringert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$, ein Wassergehalt von $>5 \% \pm 1 \%$ oder ein Verunreinigungsgehalt von $>3 \% \pm 0,5 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$, und die Korrosionsrate in einer Cl⁻-Umgebung (Konzentration $>0,5 \% \pm 0,1 \%$) steigt auf $0,015 \text{ mm/Jahr} \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Die Geräteparameter

Druck $50-300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, Durchfluss $1-10 \text{ m/s} \pm 1 \text{ m/s}$ und Leistung $50-300 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinträchtigen die Lebensdauer und Effizienz des Ventileinsatzes. Überhöhte Parameter ($> \text{Obergrenze } 10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

Arten von verschleißfesten Ventileinsätzen aus Hartmetall

Kugelförmige Ventileinsätze

eignen sich für Hochdruck-Kugelhähne ($100-200 \text{ MPa}$), haben einen Durchmesser von $10-30 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ und eine ausgezeichnete Druckbeständigkeit ($> 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

Konische Ventileinsätze

eignen sich für Chemieregelventile ($50-150 \text{ MPa}$), haben einen Durchmesser von $5-20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ und eine hohe Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit $> 5000 \text{ Stunden} \pm 200 \text{ Stunden}$).

Säulenventileinsätze

werden für Hydraulikventile in der Luftfahrt ($200-300 \text{ MPa}$) verwendet, haben einen Durchmesser von $15-40 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ und eine hohe Temperaturbeständigkeit ($> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Zu

den speziellen Ventilkernen

gehören Ultrahochtemperatur- ($> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) und Ultrakorrosionstypen, die für extreme Umgebungen geeignet sind.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anwendung von verschleißfesten Ventilkernen aus Hartmetall.

Erdöl und Erdgas

werden für Hochdruck-Erdgasventile (200 – 300 MPa) mit einer Lebensdauer von 600 – 800 Stunden $\pm$ 50 Stunden gemäß API 6A-Standards verwendet. In

der chemischen Industrie

werden sie für Ventile für korrosive Flüssigkeiten (50 – 150 MPa) verwendet, die beständig gegen Cl⁻-Korrosion (> 5000 Stunden $\pm$ 200 Stunden) gemäß ISO 10423-Standards sind.

In der Luft- und Raumfahrt

werden sie für Ventile für Hydrauliksysteme (200 – 300 MPa) verwendet, hohe Temperaturbeständigkeit (> 500 °C $\pm$ 20 °C) zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit gemäß AMS 2750-Standards.

Die Wasseraufbereitung

eignet sich für Ventile für Seewasserpipelines (50 – 100 MPa), Seewasserkorrosionsbeständigkeit (> 6000 Stunden $\pm$ 200 Stunden) gemäß DNVGL-RP-C203-Standards.

Energieausrüstung wird

für Hochtemperatur-Dampfventile (300–400 MPa), Hitzebeständigkeit (> 500 °C $\pm$ 20 °C), gemäß ASME B16.34-Standards verwendet.

Medizinische Ausrüstung

wird für Hochdruck-Flüssigkeitsventile (50–100 MPa), Korrosionsbeständigkeit (> 4000 Stunden $\pm$ 100 Stunden), gemäß ISO 13485-Standards verwendet. Die

Schifffahrtsindustrie

wird für Seewasserkühlungsventile (50–150 MPa), Schlagfestigkeit (> 50 J $\pm$ 5 J), gemäß ISO 8062-Standards verwendet.

Die elektronische Fertigung

wird für Halbleiter-Prozessgasventile (100–200 MPa), Oberflächenrauheit $R_a < 0,1 \mu\text{m} \pm 0,05 \mu\text{m}$, gemäß SEMI F19-Standards verwendet.

Im Schienenverkehr

kommen Hochdruckbremsventile (150–250 MPa) mit Leckagereduzierung ($< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$) gemäß Norm EN 13452 zum Einsatz. In

Bauleitungen

kommen Hochdruckwasserventile (50–100 MPa) mit Verschleißfestigkeit $> 95 \% \pm 2 \%$ gemäß Norm ASTM F1476 zum Einsatz.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung:

Neue Materialien

verwenden Nano-WC (Korngröße $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte (HV 2200–2600 $\pm$ 50). TaC und NbC werden hinzugefügt, um die Hochtemperaturstabilität (> 600 °C $\pm$ 20 °C, um 95 % $\pm$ 2 % zu halten) zu verbessern. Ein

intelligenter Überwachungssensor

(Genauigkeit $\pm 0,05 \%$) überwacht in Echtzeit den Ventilkernverschleiß (Tiefe $> 0,8 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$) und die Temperatur ($< 600 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$) und optimiert den Austauschzyklus (Fehler $< 5 \% \pm 1 \%$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die 3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke $40\text{--}60\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Ventilkern, wodurch der Materialabfall um $10\% \pm 2\%$ reduziert wird. Durch

nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\% \pm 5\%$) wird der CO_2 -Fußabdruck reduziert (Reduktion der CO_2 -Emissionen um $20\% \pm 3\%$), im Einklang mit der Norm ISO 14040.

Nationale und internationale Normen für verschleißfeste Ventileinsätze aus Hartlegierungen.

Zu den nationalen und internationalen Normen zählen alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

API 6A (Standard für Öl- und Gasausrüstung)

ISO 10423 (Norm für Ventile und Bohrlochkopfausrüstung)

AMS 2750 (Standard für die Wärmebehandlung in der Luft- und Raumfahrt)

DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)

ASME B16.34 (Standard für Ventildruck und -temperatur)

ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

ISO 8062 (Gusstoleranznorm)

SEMI F19 (Halbleiterfertigungsstandard)

EN 13452 (Norm für Eisenbahnbremssysteme)

ASTM F1476 (Standard für Rohrleitungssysteme)

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)

JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was ist ein verschleißfester Ventilsitz aus Hartmetall?

Der verschleißfeste Ventilsitz aus Hartmetall ist eine Hochleistungs-Ventilkomponente für Umgebungen mit hohem Druck, hohem Verschleiß und hoher Korrosionsbeständigkeit. Er findet breite Anwendung in der Öl- und Gasindustrie, der chemischen Industrie, der Energietechnik und der Wasseraufbereitung. Sein Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit Präzisionsbearbeitung und korrosionsbeständigen Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so die Ventildichtheit und langfristige Zuverlässigkeit unter extremen Betriebsbedingungen. Als Schlüsselkomponente des Ventilsystems beeinflusst der verschleißfeste Ventilsitz aus Hartmetall direkt die Genauigkeit der Flüssigkeitsregelung, die Leckrate und die Lebensdauer der Anlage. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen des Ventilsitzes umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften von verschleißfesten Ventilsitzen aus Hartmetall.

Ventilsitze aus Hartmetall bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-10\% \pm 1\%$) als Bindephase. Zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit werden Spuren von Additiven (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) hinzugefügt. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$. Die geometrische Gestaltung des Ventilsitzes wird je nach Ventiltyp angepasst, einschließlich ringförmiger oder konischer Struktur, Innendurchmesser $5-50\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$, Dicke $5-20\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$, installiert auf einem Ventilkörper aus Edelstahl oder Titanlegierung (Zugfestigkeit $>1200\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, Härte HRC $40-50 \pm 2$). Zu den Befestigungsmethoden gehören mechanisches Presspassen (Presspassungskraft $>10\text{ kN} \pm 1\text{ kN}$) oder Hochfrequenzschweißen (Schweißfestigkeit $>700\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), wodurch ein stabiler Betrieb unter hohem Druck ($50-300\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$, Spitzenwert bis zu $400\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$) gewährleistet wird. Auf die Oberfläche des Ventilsitzes können Mehrschichtbeschichtungen (wie TiN, CrN oder WC/C, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) aufgetragen werden, wodurch der Reibungskoeffizient auf $<0,15 \pm 0,05$ reduziert wird, was die Verschleißfestigkeit und Antihafwirkung verbessert (Haftungsrate $<1\% \pm 0,5\%$). Das Design integriert Strömungsmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Kontaktwinkel von $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ und ist für Arbeitstemperaturen von $-50\text{ }^\circ\text{C}$ bis $500\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$ geeignet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Eigenschaften und Funktionsprinzip des verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartlegierung

Materialeigenschaften von verschleißfesten Ventilsitzen aus Hartmetall

WC bietet eine hohe Härte ($HV\ 1800-2200 \pm 30$, lokal bis zu $2400-2600 \pm 50$) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $> 800\ ^\circ C \pm 20\ ^\circ C$, Oxidationsbeständigkeit $> 95\ \% \pm 2\ \%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation ($K_{IC}\ 12-16\ MPa \cdot m^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu $18\ MPa \cdot m^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($> 50\ J \pm 5\ J$, momentaner Spitzenwert $> 120\ J \pm 10\ J$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,03\ mm^3/N \cdot m \pm 0,01\ mm^3/N \cdot m$ (vorzugsweise $< 0,015\ mm^3/N \cdot m \pm 0,01\ mm^3/N \cdot m$), Dichte $14,8-15,2\ g/cm^3 \pm 0,1\ g/cm^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ C \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ C$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 wird eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1\ \mu m \pm 0,01\ \mu m$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01\ mm/Jahr \pm 0,001\ mm/Jahr$, Cl^- -Beständigkeit $> 5000\ Stunden \pm 200\ Stunden$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ C \pm 20^\circ C$ behält $90\ \% \pm 2\ \%$ der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität $> 95\ \% \pm 2\ \%$).

Funktionsprinzip eines verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartmetall.

Der Ventilsitz reguliert den Flüssigkeitsdurchfluss durch enge Zusammenarbeit mit dem Ventilkern unter der Wirkung des Ventils (Druck $50 - 300\ MPa \pm 10\ MPa$, Durchflussrate $1 - 10\ m/s \pm 1\ m/s$, Leistung $50 - 300\ kW \pm 50\ kW$). Die Ventilsitzoberfläche ist hoher Reibung und thermischer Belastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur $-50\ ^\circ C$ bis $500\ ^\circ C \pm 20\ ^\circ C$, extrem bis zu $600\ ^\circ C \pm 30\ ^\circ C$), und der Ventilkörper bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit $> 1200\ MPa \pm 50\ MPa$), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit $30 - 40\ W/m \cdot K \pm 2\ W/m \cdot K$) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer $> 10^6$ -mal $\pm 10^5$ -mal, zyklische Belastung $> 150\ MPa \pm 20\ MPa$). Die Präzisionskonstruktion des Ventilsitzes gewährleistet, dass die Toleranz auf $\pm 0,005\ mm \pm 0,002\ mm$ kontrolliert wird, die Oberflächenrauheit $Ra < 0,1\ \mu m \pm 0,05\ \mu m$ und die Leckrate $< 0,001\ ml/min \pm 0,0005\ ml/min$ beträgt.

Die Leistung verschleißfester Ventilsitze aus Hartmetall beträgt mehr als 500–800 Stunden ± 50 Stunden bei

der Verarbeitung von Hochdruck-Erdgas ($200\ MPa$), Meerwasser (mit $Cl^- > 3\ \% \pm 0,5\ \%$) oder Hochtemperaturdampf ($400\ ^\circ C \pm 20\ ^\circ C$). Die optimierte Lebensdauer des Ventilsitzes übersteigt $500-800\ Stunden \pm 50\ Stunden$ und die Dichtungseffizienz erreicht $99,99\ \% \pm 0,01\ \%$ (Leckagerate $< 0,001\ ml/min \pm 0,0005\ ml/min$). Die SEM-Analyse zeigt keinen offensichtlichen Verschleiß auf der Oberfläche, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95\ \% \pm 2\ \%$) und die Wärmebildgebung zeigt, dass die thermische Spannungsverteilung $< 100\ MPa \pm 10\ MPa$ beträgt.

Faktoren, die die Leistung von verschleißfesten Ventilsitzen aus Hartmetall beeinflussen

Der Co-Gehalt von verschleißfesten Ventilsitzen aus Hartmetall beträgt

$6-10\ \% \pm 1\ \%$, um das optimale Verhältnis zwischen Härte und Zähigkeit zu erreichen. $< 6\ \% \pm 1\ \%$ führt zu einer Erhöhung der Rissrate um $10\ \% \pm 2\ \%$, $> 10\ \% \pm 1\ \%$ reduziert die Härte um $5\ \% \pm 1\ \%$ und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^\circ C \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ C$). $7-9\ \% \pm 0,5\ \%$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Die Korngröße des verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartmetall beträgt

$0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$, wodurch Verschleiß und Mikrorisse wirksam reduziert werden (Verschleißrate $< 0,015 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Umgebungen mit mittlerem Druck geeignet, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$. Der

geometrische Winkel des verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartmetall

beträgt $5-15^\circ \pm 2^\circ$, wodurch die Dichtleistung optimiert wird (Leckrate $< 0,001 \text{ ml/min} \pm 0,0005 \text{ ml/min}$), $> 15^\circ \pm 2^\circ$ verringert die Dichtleistung um $5 \% \pm 1 \%$ und $< 5^\circ \pm 2^\circ$ führt leicht zu einem Risiko von ungleichmäßigem Kontakt um $5 \% \pm 1 \%$. Die

Oberflächenbehandlung des verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartmetall

hat eine Sitzdicke von $5-10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, wodurch die Verschleißfestigkeit verbessert wird (verlängert die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$), und $< 5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. Die Lebensdauer der Beschichtung wird bei Beschichtungen $> 10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ um $20 \% \pm 3 \%$ verkürzt und die Kosten erhöhen sich um $15 \% \pm 2 \%$. CrN-Beschichtung (Dicke $0,5-1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $400-450^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($< 0,2 \pm 0,05$) und verbessert die Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit $> 6000 \text{ Stunden} \pm 200 \text{ Stunden}$).

Wärmebehandlung des verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartmetall

: Abschrecken des Ventilkörpers (Härte HRC $40-50 \pm 2$, Tiefe $1-3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $800-850^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verbessert die Stützleistung, die Lebensdauer des nicht abgeschreckten Ventilkörpers wird um $15 \% \pm 3 \%$ reduziert und Anlassen ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) verringert die Restspannung um $5 \% \pm 1 \%$.

Die Betriebstemperatur

des verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartmetall $> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ verringert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$, der Wassergehalt $> 5 \% \pm 1 \%$ oder der Verunreinigungsgehalt $> 3 \% \pm 0,5 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$, und die Korrosionsrate in Cl⁻-haltiger Umgebung (Konzentration $> 0,5 \% \pm 0,1 \%$) steigt auf $0,015 \text{ mm/Jahr} \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Die Geräteparameter des verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartmetall

: Druck $50-300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, Durchfluss $1-10 \text{ m/s} \pm 1 \text{ m/s}$, Leistung $50-300 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinträchtigen die Lebensdauer und Effizienz des Ventilsitzes. Überhöhte Parameter ($>$ Obergrenze $10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

Arten von verschleißfesten Ventilsitzen aus Hartmetall

Verschleißfeste ringförmige Ventilsitze aus Hartmetall

eignen sich für Hochdruck-Kugelhähne ($100-200 \text{ MPa}$) mit einem Innendurchmesser von $10-30 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, ausgezeichneter Druckbeständigkeit ($> 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) und einer Lebensdauer von $600 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ für ein bestimmtes Ölprojekt im Jahr 2024.

Verschleißfeste konische Ventilsitze aus Hartmetall

eignen sich für chemische Regelventile ($50-150 \text{ MPa}$) mit einem Innendurchmesser von $5-20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, starker Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit $> 5000 \text{ Stunden} \pm 200 \text{ Stunden}$) und einer Effizienz von Chemieanlagen von $99,99 \% \pm 0,01 \%$ im Jahr 2023.

Verschleißfeste flache Ventilsitze aus Hartmetall

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden für Luftfahrthydraulikventile (200–300 MPa) mit einem Innendurchmesser von 15–40 mm $\pm 0,5$ mm, hohe Temperaturbeständigkeit ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) und eine Lebensdauer von 700 Stunden ± 50 Stunden für ein bestimmtes Luftfahrtprojekt im Jahr 2025.

Verschleißfeste Spezialventilsitze aus Hartmetall

umfassen Ultrahochtemperatur- ($> 600\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) und Ultrakorrosionstypen, geeignet für extreme Umgebungen, mit einer Testlebensdauer von 550 Stunden ± 50 Stunden im Jahr 2025.

Anwendung eines verschleißfesten Ventilsitzes aus Hartlegierung

Öl und Gas

werden für Hochdruck-Erdgasventile (200–300 MPa) verwendet, mit einer Lebensdauer von 600–800 Stunden ± 50 Stunden, entsprechend den API 6A-Standards.

In der chemischen Industrie

wird es für Ventile für korrosive Flüssigkeiten (50 – 150 MPa) verwendet, die beständig gegen Cl⁻-Korrosion (> 5.000 Stunden ± 200 Stunden) sind und der Norm ISO 10423 entsprechen.

In der Luft- und Raumfahrt

wird es für Ventile für Hydrauliksysteme (200 – 300 MPa) verwendet, die hochtemperaturbeständig ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) sind, um die Zuverlässigkeit gemäß der Norm AMS 2750 zu gewährleisten.

In der Wasseraufbereitung

eignet es sich für Ventile für Seewasserpipelines (50 – 100 MPa), die seewasserkorrosionsbeständig (> 6.000 Stunden ± 200 Stunden) sind und der Norm DNVGL-RP-C203 entsprechen. In der

Energieausrüstung

wird es für Hochtemperaturdampfventile (300 – 400 MPa) verwendet, die hitzebeständig ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) sind und der Norm ASME B16.34 entsprechen.

Medizinische Geräte

für Hochdruckflüssigkeitsventile (50–100 MPa), Korrosionsbeständigkeit (> 4000 Stunden ± 100 Stunden), gemäß ISO 13485.

Schiffsindustrie

für Meerwasserkühlungsventile (50–150 MPa), Schlagfestigkeit ($> 50\text{ J} \pm 5\text{ J}$), gemäß ISO 8062.

Elektronikfertigung

für Halbleiter-Prozessgasventile (100–200 MPa), Oberflächenrauheit $R_a < 0,1\text{ }\mu\text{m} \pm 0,05\text{ }\mu\text{m}$, gemäß SEMI F19-Standard.

Schienentransport

für Hochdruckbremsventile (150–250 MPa), reduzierte Leckage ($< 0,001\text{ ml/min} \pm 0,0005\text{ ml/min}$), gemäß EN 13452-Standard.

Baupipelines

werden für Hochdruckwasserventile (50–100 MPa) verwendet, Verschleißfestigkeit $> 95\% \pm 2\%$, gemäß ASTM F1476-Standard.

Zukünftige Entwicklung

neuer Materialien für verschleißfeste Ventilsitze aus Hartmetall

: Einführung von Nano-WC (Korngröße $< 0,5\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) zur Verbesserung der Härte (HV 2200–2600 ± 50), Zugabe von TaC und NbC zur Verbesserung der Hochtemperaturstabilität ($>$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

600 °C ± 20 °C, um 95 % ± 2 % zu halten).

Intelligente Überwachung

durch integrierten Sensor (Genauigkeit ± 0,05 %) zur Echtzeitüberwachung des Ventilsitzverschleißes (Tiefe > 0,8 mm ± 0,05 mm) und der Temperatur (< 600 °C ± 20 °C), Optimierung des Austauschzyklus (Fehler < 5 % ± 1 %).

3D-Drucktechnologie

nutzt SLM (Schichtdicke 40–60 µm ± 5 µm) zur Herstellung komplexer Ventilsitze, wodurch der Materialabfall um 10 % ± 2 % reduziert wird.

Durch die Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

werden ultrakorrosive und ultrahochtemperaturbeständige Ventilsitze entwickelt (Druckbeständigkeit > 400 MPa ± 20 MPa, Temperaturbeständigkeit > 600 °C ± 20 °C).

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate > 80 % ± 5 %) reduziert den CO₂-Fußabdruck (CO₂-Reduktion 20 % ± 3 %) gemäß ISO 14040-Norm.

Nationale und internationale Normen für verschleißfeste Ventilsitze aus Hartmetall. Zu den nationalen und internationalen Normen gehören alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

API 6A (Standard für Öl- und Gasausrüstung)

ISO 10423 (Norm für Ventile und Bohrlochkopfausrüstung)

AMS 2750 (Standard für die Wärmebehandlung in der Luft- und Raumfahrt)

DNVGL-RP-C203 (Konstruktionsregeln für Offshore-Bauwerke)

ASME B16.34 (Standard für Ventildruck und -temperatur)

ISO 13485 (Qualitätsmanagementsystem für Medizinprodukte)

ISO 8062 (Gusstoleranznorm)

SEMI F19 (Halbleiterfertigungsstandard)

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Verschleißfeste Hartmetall-Bohrer für den Bergbau

Verschleißfeste Hartmetall-Bohrer sind Hochleistungsbohrwerkzeuge für den Abbau von hochhartem Gestein, Tiefbohrungen und extreme Arbeitsbedingungen. Sie finden breite Anwendung im Bergbau, bei Ölbohrungen und in der geologischen Exploration. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit Präzisionsbearbeitung und verschleißfesten Beschichtungen. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so hohe Effizienz und langfristige Zuverlässigkeit beim Bohren mit hoher Intensität. Als Schlüsselkomponente des Bohrsystems beeinflussen verschleißfeste Hartmetall-Bohrer direkt die Bohrgeschwindigkeit, die Bohrlochgenauigkeit und die Lebensdauer der Anlage.

Physikalische und chemische Eigenschaften von verschleißfesten Bergbaubohrern aus Hartmetall.

Hartmetallbohrer verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase, ergänzt mit Spurenzusätzen (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißeisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die Bohrmeißelgeometrie wird an die Gesteinshärte angepasst und umfasst zylindrische oder konische Schneidköpfe mit einem Durchmesser von $50-200\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ und einer Länge von $100-300\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$, montiert auf einem Stahlbohrrohr (Zugfestigkeit $>1500\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$, Härte HRC $45-55 \pm 2$). Die Befestigungsmethoden umfassen mechanische Schraubverbindungen (Drehmoment $>50\text{ N}\cdot\text{m} \pm 5\text{ N}\cdot\text{m}$) oder Schweißverbindungen (Schweißfestigkeit $>800\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$), um einen stabilen Betrieb bei hohem Drehmoment ($500-2000\text{ N}\cdot\text{m} \pm 100\text{ N}\cdot\text{m}$, Spitzenwert bis zu $2500\text{ N}\cdot\text{m} \pm 150\text{ N}\cdot\text{m}$) zu gewährleisten. Die Schneidkantenoberfläche kann mit mehreren Schichten (z. B. TiN, TiAlN oder DLC, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) beschichtet werden. Der Reibungskoeffizient wird auf $<0,15 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffizienz (Hafrate $<1\% \pm 0,5\%$) verbessert. Das Design integriert Schneidmechanik und Wärmeleitungsoptimierung mit einem Schnittwinkel von $10^\circ-20^\circ \pm 2^\circ$ und ist für Betriebstemperaturen von $-20\text{ }^\circ\text{C}$ bis $600\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$ geeignet.

Eigenschaften von verschleißfesten Hartmetall-Bohrern für den Bergbau

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Materialeigenschaften von verschleißfesten Bergbaubohrern aus Hartmetall

WC bietet eine hohe Härte (HV 1800–2200 ± 30, lokal bis zu 2400–2600 ± 50) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur > 800 °C ± 20 °C, Oxidationsbeständigkeit > 95 % ± 2 %); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{IC} 12–18 MPa·m^{1/2} ± 0,5, Spitzenwert bis zu 20 MPa·m^{1/2} ± 0,5) und absorbiert Aufprallenergie (> 80 J ± 10 J, momentaner Spitzenwert > 200 J ± 20 J). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (vorzugsweise < 0,015 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), Dichte 14,8–15,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Durch Zugabe von Cr₃C₂ wird eine Cr₂O₃-Schutzschicht (Dicke < 0,1 µm ± 0,01 µm) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr, Cl⁻-Beständigkeit > 5000 Stunden ± 200 Stunden); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte (> 900 °C ± 20 °C behält 90 % ± 2 % der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität > 95 % ± 2 %).

Funktionsprinzip verschleißfester Hartmetall-Bohrer für den Bergbau

Der Bohrer wird von einer Bohranlage angetrieben (Drehzahl 50–300 U/min ± 10 U/min, Schubkraft 10–50 kN ± 2 kN, Leistung 100–500 kW ± 50 kW) und das Bohren erfolgt durch Aufbrechen des Gesteins durch die Schneide. Die Oberfläche der Schneide ist hoher Reibung und thermischer Belastung ausgesetzt (Oberflächentemperatur 100–600 °C ± 20 °C, im Extremfall bis zu 700 °C ± 30 °C) und das Bohrgestänge bietet strukturelle Unterstützung (Zugfestigkeit > 1500 MPa ± 50 MPa), Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit 40–50 W/m·K ± 2 W/m·K) und Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungslebensdauer > 10⁶-mal ± 10⁵-mal, zyklische Belastung > 200 MPa ± 20 MPa). Die Präzisionskonstruktion des Bohrers gewährleistet, dass die Toleranz auf ± 0,05 mm ± 0,02 mm, die Oberflächenrauheit Ra < 0,2 µm ± 0,1 µm und die Bohrabweichung < 0,5° ± 0,2° kontrolliert wird.

Die Leistung verschleißfester Bergbaubohrer aus Hartmetall

ist auf über 400–700 Stunden ± 50 Stunden Bohrlebensdauer und 5–20 m/h ± 1 m/h (Leistung > 200 kW ± 50 kW) beim Bohren in Granit (Härte HV 1000 ± 50), Sandstein (500 MPa) oder tiefen Kohleflözen (300 MPa) optimiert. Die SEM-Analyse zeigt keinen erkennbaren Verschleiß an der Schneide, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase (> 95 % ± 2 %), und die Wärmebildgebung zeigt eine thermische Spannungsverteilung von < 150 MPa ± 10 MPa.

Faktoren, die die Leistung von verschleißfesten Bergbaubohrern aus Hartmetall beeinflussen **Der Co-Gehalt von**

6–12 % ± 1 % erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. < 6 % ± 1 % führen zu einer Erhöhung der Rissrate um 10 % ± 2 %, > 12 % ± 1 % reduziert die Härte um 5 % ± 1 % und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). 8–10 % ± 0,5 % werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Korngröße

0,5–1 µm ± 0,01 µm verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate < 0,015 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), 1–1,5 µm ± 0,01 µm eignet sich für Gesteinsformationen mittlerer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Härte, $>2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und verringert die Zähigkeit um $10 \% \pm 2 \%$.

Geometrischer

Schnittwinkel $10^\circ\text{--}20^\circ \pm 2^\circ$ optimiert die Bohrleistung (Schubkraft $<30 \text{ kN} \pm 2 \text{ kN}$, Energieverbrauch $<20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$), $>20^\circ \pm 2^\circ$ verringert die Leistung um $10 \% \pm 2 \%$, $<10^\circ \pm 2^\circ$ führt leicht zu $5 \% \pm 1 \%$ Risiko eines ungleichmäßigen Schnitts.

Eine Oberflächenbehandlung

der Schneidkantendicke von $2\text{--}4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (verlängert die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$), bei $<2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verkürzt sich die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, bei $>4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöhen sich die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine TiAlN-Beschichtung (Dicke $0,5\text{--}1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$, Abscheidungstemperatur $500\text{--}600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,15 \pm 0,05$) und verbessert die Hochtemperaturbeständigkeit ($>700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$).

Wärmebehandlung:

Das Abschrecken des Bohrgestänges (Härte HRC $45\text{--}55 \pm 2$, Tiefe $2\text{--}5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, Abschrecktemperatur $850\text{--}900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) verbessert die Stützleistung und verkürzt die Lebensdauer des nicht abgeschreckten Bohrgestänges um $15 \% \pm 3 \%$, und das Anlassen ($200\text{--}250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2\text{--}4 \text{ Stunden} \pm 0,5 \text{ Stunden}$) verringert die Restspannung um $5 \% \pm 1 \%$. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

von $> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ verringert die Härte um $3 \% \pm 1 \%$, ein Wassergehalt von $> 5 \% \pm 1 \%$ oder ein Verunreinigungsgehalt von $> 3 \% \pm 0,5 \%$ erhöht den Verschleiß um $5 \% \pm 1 \%$ und eine Cl⁻-haltige Umgebung (Konzentration $> 0,5 \% \pm 0,1 \%$) erhöht die Korrosionsrate auf $0,015 \text{ mm/Jahr} \pm 0,002 \text{ mm/Jahr}$.

Geräteparameter

: Drehzahl $50\text{--}300 \text{ U/min} \pm 10 \text{ U/min}$, Schubkraft $10\text{--}50 \text{ kN} \pm 2 \text{ kN}$, Leistung $100\text{--}500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ beeinträchtigen die Lebensdauer und Effizienz des Bohrers. Übermäßige Parameter ($>$ Obergrenze $10 \% \pm 1 \%$) verkürzen die Lebensdauer um $15 \% \pm 2 \%$.

Arten von verschleißfesten Hartmetall-Bohrern für den Bergbau

Zylindrische Bohrer

eignen sich zum Bohren in hartem Gestein (HV 1000 ± 50), Durchmesser $100\text{--}200 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, hohe Schlagzähigkeit ($>80 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$), Lebensdauer von $500 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ in einem Bergwerk im Jahr 2024.

Konische Bohrer

werden für weiches Gestein oder Kohleflöze ($300\text{--}500 \text{ MPa}$) verwendet, Durchmesser $50\text{--}150 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, hohe Bohrgeschwindigkeit ($>15 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$), Effizienz $18 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$ in einem Kohlebergwerk im

Jahr 2023. Verbundbohrer

kombinieren PDC und Hartmetall, geeignet für Tiefbohrungen ($>2000 \text{ m}$), Durchmesser $80\text{--}180 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, hohe Temperaturbeständigkeit ($>600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), Lebensdauer von $700 \text{ Stunden} \pm 50 \text{ Stunden}$ in einem Ölfeld in 2025. Zu

den Spezialbohrern

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

gehören Bohrkronen für ultratiefe Bohrungen (> 3000 m) und ultraharte Gesteinsarten, die für extreme Umgebungen geeignet sind und im Jahr 2025 eine Testlebensdauer von 450 Stunden ± 50 Stunden aufweisen.

Anwendung von verschleißfesten Hartmetall-Bohrern für den Bergbau:

Metallbergbau.

Wird für Bohrungen in Kupferminen und Granit verwendet ($HV 1000 \pm 50$), Lebensdauer $500-700$ Stunden ± 50 Stunden, gemäß ISO-Norm 10241. **Ölbohrungen .**

Wird für tiefe Öl- und Gasbohrungen verwendet (> 2000 m), hohe Temperaturbeständigkeit (> 600 °C ± 20 °C), gemäß API-Norm 7-1.

Kohlebergbau

für Kohleflözbohrungen ($300-500$ MPa), Bohrgeschwindigkeit $15-20$ m/h ± 1 m/h, gemäß ISO 19250. **Geologische Erkundung**

für Hartgesteinsproben ($HV 800 \pm 50$), Bohrdurchmessergenauigkeit $\pm 0,05$ mm $\pm 0,02$ mm, gemäß ASTM D2113. **Energieentwicklung**

für Geothermiebohrungen ($300-400$ MPa), Hitzebeständigkeit (> 600 °C ± 20 °C), gemäß IEC 61730.

Tunnelanwendungen

: Felstunnelbohren ($HV 900 \pm 50$), Stoßfestigkeit (> 80 J ± 10 J), gemäß EN 1997.

Hydrographische Untersuchung

für Grundwasserbohrungen ($200-300$ MPa), Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit > 5000 Stunden ± 200 Stunden), gemäß ISO 22475-Standard.

Das Gebäudefundament

ist für tiefe Baugrubenbohrungen ($HV 700 \pm 50$) geeignet und weist eine Oberflächenrauheit von $Ra < 0,2$ $\mu m \pm 0,1$ μm gemäß ASTM D1586-Standard auf.

Der Abbau seltener Erden

wird für Bohrungen nach seltenen Erden (HV 1000 ± 50) verwendet, wodurch der Verschleiß reduziert wird ($< 1\% \pm 0,5\%$) und der Standard GB/T 12686 erfüllt wird. Die

nationale Verteidigungstechnik

wird für militärische Tunnelbohrungen (> 300 MPa) verwendet, mit einer Verschleißfestigkeit von $> 95\% \pm 2\%$ und dem Standard MIL-STD-810.

Technologischer Fortschritt und Entwicklung von verschleißfesten Bergbaubohrern aus Hartmetall

Das neue Material

enthält Nano-WC (Korn $< 0,5$ $\mu m \pm 0,01$ μm), um die Härte zu verbessern ($HV 2200-2600 \pm 50$), und fügt TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern (> 700 °C ± 20 °C behält $95\% \pm 2\%$).

Intelligente Überwachungssensoren

(Genauigkeit $\pm 0,05\%$) überwachen Schneidkantenverschleiß (Tiefe > 1 mm $\pm 0,1$ mm) und Temperatur (< 700 °C ± 20 °C) in Echtzeit und optimieren so die Austauschzyklen (Fehler $< 5\% \pm 1\%$). Die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3D-Drucktechnologie

nutzt SLM (Schichtdicke $40\text{--}60\text{ }\mu\text{m} \pm 5\text{ }\mu\text{m}$) zur Herstellung komplexer Bohrkronen und reduziert den Materialabfall um $10\% \pm 2\%$. Dank der

Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

werden Bohrkronen für ultratiefe Bohrungen und ultrahartes Gestein entwickelt (Druckfestigkeit $> 400\text{ MPa} \pm 20\text{ MPa}$, Temperaturfestigkeit $> 700\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\% \pm 5\%$) reduziert den CO_2 -Fußabdruck (CO_2 -Reduktion $20\% \pm 3\%$) gemäß ISO 14040-Norm.

Nationale und internationale Normen für verschleißfeste Bergbaubohrer aus Hartmetall. Zu den

nationalen und internationalen Normen gehören alle folgenden relevanten Normen und ihre Nummern:

ISO 10241 (Norm für den Metallbergbau)

API 7-1 (Standard für Erdölbohrgeräte)

ISO 19250 (Kohlebergbaunorm)

ASTM D2113 (Standard für geologische Erkundungen)

MIL-STD-810 (Nationaler Verteidigungstechnikstandard)

GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)

JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was sind Hartmetall-Mahlkugeln?

Hartmetall-Kugelmahlkugeln sind ein Hochleistungsmahlmedium für hochintensive Mahl-, Zerkleinerungs- und Mischprozesse. Sie finden breite Anwendung in der Mineralverarbeitung, der Keramikherstellung, der Pulvermetallurgie und der chemischen Industrie. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit präziser Bearbeitung. Dies sorgt für hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit und gewährleistet so die Mahlleistung und die Stabilität des Mediums auch bei längerem Mahlen. Als Schlüsselkomponente der Kugelmühle beeinflussen Hartmetall-Kugelmahlkugeln direkt die Mahlpartikelgröße, die Leistung und die Lebensdauer der Anlage. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Kugelmahlkugeln umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften

von Hartmetall-Kugelmahlkugeln Hartmetall-Kugelmahlkugeln bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Sie werden durch Spuren von Additiven (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$) ergänzt, um Korngröße, Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit zu optimieren. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert. Das optimale Verhältnis von Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenvfestigungsrate liegt bei $>98\% \pm 1\%$. Die Kugelmühle hat eine kugelförmige Geometrie mit einem Durchmesser von $5-50\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$, einer Oberflächengüte $R_a < 0,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$ und einer Qualitätsabweichung von $<0,5\% \pm 0,2\%$, was eine gleichmäßige Mahlung gewährleistet. Eine Mehrschichtbeschichtung (z. B. TiN, CrN oder WC/C, mit einer Dicke von $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) kann auf die Oberfläche aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,15 \pm 0,05$ reduziert, was die Verschleißfestigkeit und die Antihaftwirkung verbessert (Hafrate $<1\% \pm 0,5\%$). Das Design ist mechanisch optimiert und für Betriebstemperaturen von $-20\text{ }^\circ\text{C}$ bis $500\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$ geeignet.

Materialeigenschaften von Mahlkugeln aus Hartmetall

WC bietet eine hohe Härte (HV $1800-2200 \pm 30$, lokal bis zu $2400-2600 \pm 50$) und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit (Oxidationsstarttemperatur $>800\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, Oxidationsbeständigkeit $>95\% \pm 2\%$); Co verbessert die Zähigkeit durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation (K_{1c} $12-18\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$, Spitzenwert bis zu $20\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0,5$) und absorbiert Aufprallenergie ($>50\text{ J} \pm 5\text{ J}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

momentaner Spitzenwert $> 120 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$). Feine Körnung und optimierte Mikrostruktur, Verschleißrate $< 0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (vorzugsweise $< 0,015 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), Dichte $14,8\text{--}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Durch Zugabe von Cr_3C_2 wird eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke $< 0,1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$) erzeugt, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr} \pm 0,001 \text{ mm/Jahr}$, Cl^- -Beständigkeit $> 5000 \text{ Stunden} \pm 200 \text{ Stunden}$); TaC und NbC erhöhen die Hochtemperaturhärte ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ behält $90 \% \pm 2 \%$ der ursprünglichen Härte bei, thermische Stabilität $> 95 \% \pm 2 \%$).

Funktionsweise von Hartmetall-Kugelmahlkugeln:

Kugelmahlkugeln zermahlen Materialien durch gegenseitige Kollision und Reibung in einer Kugelmühle (Drehzahl $20\text{--}80 \text{ U/min} \pm 5 \text{ U/min}$, Belastung $50\text{--}70 \% \pm 5 \%$, Leistung $50\text{--}200 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). Die Kugeloberfläche ist hohen Stoß- und Wärmebelastungen ausgesetzt (Oberflächentemperatur $50\text{--}500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, im Extremfall bis zu $600^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$). Die Mahlleistung hängt direkt vom Kugeldurchmesser und der Füllrate ab. Die Präzisionskonstruktion der Kugel gewährleistet Toleranzen von $\pm 0,05 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$, eine Oberflächenrauheit von $R_a < 0,2 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ und eine Mahlgleichmäßigkeit von $> 98 \% \pm 1 \%$.

Leistung von Hartmetall-Kugelmahlkugeln:

Beim Mahlen von Quarzsand (Härte $\text{HV } 800 \pm 50$), Aluminiumoxid (1000 MPa) oder Schlacke (600 MPa) beträgt die optimierte Lebensdauer der Kugelmahlkugeln mehr als $1000\text{--}1500 \text{ Stunden} \pm 100 \text{ Stunden}$, und die Mahlpartikelgröße erreicht $\text{D}_{50} < 10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ (Leistung $> 100 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$). Die SEM-Analyse zeigt keinen sichtbaren Oberflächenverschleiß, die Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase ($> 95 \% \pm 2 \%$), und die Wärmebildgebung zeigt eine thermische Spannungsverteilung von $< 100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetall-Mahlkugeln beeinflussen

Der Co-Gehalt von

$6\text{--}12 \% \pm 1 \%$ erreicht das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit. $< 6 \% \pm 1 \%$ führen zu einer Erhöhung der Rissrate um $10 \% \pm 2 \%$, $> 12 \% \pm 1 \%$ reduziert die Härte um $5 \% \pm 1 \%$ und erhöht die Wärmeausdehnung (CTE $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$). $8\text{--}10 \% \pm 0,5 \%$ werden bevorzugt, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen.

Korngröße

$0,5\text{--}1 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ verringert wirksam Verschleiß und Mikrorisse (Verschleißrate $< 0,015 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), $1\text{--}1,5 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ ist für Materialien mittlerer Härte geeignet, $> 2 \mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate um $15 \% \pm 3 \%$ und die Zähigkeit verringert sich um $10 \% \pm 2 \%$.

Kugelgröße

$10\text{--}20 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ optimiert die Schleifleistung (Partikelgröße $\text{D}_{50} < 10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$), $< 10 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ verringert die Leistung um $10 \% \pm 2 \%$, $> 20 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöht den Energieverbrauch um $15 \% \pm 2 \%$. Eine

Oberflächenbeschichtung

mit einer Dicke von $0,5\text{--}1 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ verbessert die Verschleißfestigkeit (Verlängerung der Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$), $< 0,5 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ verkürzt die Lebensdauer um $20 \% \pm 3 \%$, $> 1 \mu\text{m} \pm 0,1 \text{ mm}$ erhöht die Kosten um $15 \% \pm 2 \%$. Eine CrN-Beschichtung (Abscheidungstemperatur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

400–450 °C ± 20 °C) verringert den Reibungskoeffizienten ($<0,15 \pm 0,05$) und verbessert die Korrosionsbeständigkeit (Cl⁻-Beständigkeit > 6000 Stunden ± 200 Stunden).

Wärmebehandlung:

Durch Abschrecken der Kugel (Härte HV 1800–2200 ± 30, Tiefe 1–2 mm ± 0,1 mm, Abschrecktemperatur 800–850 °C ± 20 °C) werden die Oberflächeneigenschaften verbessert, die Lebensdauer der nicht abgeschreckten Kugel um 15 % ± 3 % reduziert und durch Anlassen (200–250 °C ± 10 °C, 2–4 Stunden ± 0,5 Stunden) werden die Restspannungen um 5 % ± 1 % reduziert. Eine

Umgebungstemperatur

von >500 °C ± 20 °C verringert die Härte um 3 % ± 1 %, ein Wassergehalt von >5 % ± 1 % oder ein Verunreinigungsgehalt von >3 % ± 0,5 % erhöht den Verschleiß um 5 % ± 1 %, und die Korrosionsrate in einer Cl⁻-haltigen Umgebung (Konzentration >0,5 % ± 0,1 %) steigt auf 0,015 mm/Jahr ± 0,002 mm/Jahr.

Geräteparameter

: Drehzahl 20–80 U/min ± 5 U/min, Belastung 50–70 % ± 5 %, Leistung 50–200 kW ± 50 kW beeinträchtigen die Lebensdauer und Effizienz der Kugel. Übermäßige Parameter (> Obergrenze 10 % ± 1 %) verkürzen die Lebensdauer um 15 % ± 2 %.

Hartmetall-Mahlkugeltypen:

Kleine Mahl­kugeln

mit einem Durchmesser von 5–10 mm ± 0,1 mm eignen sich zum Feinmahlen (D₅₀ < 5 µm ± 0,5 µm).

Mittlere Mahl­kugeln

mit einem Durchmesser von 10–20 mm ± 0,1 mm eignen sich für Materialien mittlerer Härte.

Große Mahl­kugeln

mit einem Durchmesser von 20–50 mm ± 0,1 mm eignen sich zum Grobzerkleinern und Mischen. Zu

den Spezial-Mahl­kugeln

gehören hochtemperaturbeständige (> 600 °C ± 20 °C) und korrosionsbeständige Ausführungen.

Anwendung von Hartmetall-Mahl­kugeln

Mineralverarbeitung

zum Mahlen von Eisenerz (HV 800 ± 50), Lebensdauer 1000–1500 Stunden ± 100 Stunden, gemäß ISO 10058. Keramikherstellung

zum Mahlen von Aluminiumoxid (1000 MPa), Verschleißfestigkeit > 95 % ± 2 %, gemäß ISO 14704.

Pulvermetallurgie

wird zum Mahlen von Metallpulver (HV 600±50) mit einer Gleichmäßigkeit von >98 %±1 % gemäß ASTM B214-Standard verwendet. Die

chemische Industrie

eignet sich zum Zerkleinern chemischer Rohstoffe (300–500 MPa), beständig gegen Cl⁻-Korrosion (>5000 Stunden±200 Stunden), gemäß ISO 3310-Standard.

Batteriematerialien

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden zum Mahlen von positivem Elektrodenmaterial für Lithiumbatterien (HV 700±50) mit einer Oberflächenrauheit von $Ra < 0,2 \mu m \pm 0,1 \mu m$ gemäß IEC 62619-Standard verwendet. Bei

der Farbenproduktion

wird Pigmentmahlen (HV 500±50) mit Schlagfestigkeit ($> 50 J \pm 5 J$) gemäß ASTM D1210-Standard verwendet.

Die Zementindustrie

wird zum Mahlen von Klinker (600 MPa) mit hoher Temperaturbeständigkeit ($> 500^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$) gemäß EN 197-Standard verwendet.

Die pharmazeutische Herstellung

eignet sich für die Mikronisierung von Arzneimitteln (HV 400±50) und die Korrosionsbeständigkeit (> 4000 Stunden ± 100 Stunden) gemäß USP <429>-Standards.

Die Lebensmittelverarbeitung

wird zum Mahlen von Lebensmittelzusatzstoffen (HV 300±50) gemäß FDA 21 CFR-Standards eingesetzt.

Die Nanotechnologie

wird zum Mahlen von Nanomaterialien (HV 800±50) mit einer Partikelgröße von $D50 < 1 \mu m \pm 0,1 \mu m$ gemäß ISO 13099-Standards eingesetzt.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung von Hartmetall-Mahlkugeln

Neue Materialien

enthalten Nano-WC (Korn $< 0,5 \mu m \pm 0,01 \mu m$) zur Verbesserung der Härte (HV 2200–2600 ± 50) und fügen TaC und NbC hinzu, um die Hochtemperaturstabilität zu verbessern ($> 600^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$, um 95 % ± 2 % zu halten). Forschung im Jahr 2024: Verschleißfestigkeit der WC/C-Beschichtung (Verschleißrate $< 0,01 mm^3/N \cdot m \pm 0,01 mm^3/N \cdot m$).

Intelligente Überwachung

durch integrierten Sensor (Genauigkeit $\pm 0,05$ %), Echtzeitüberwachung des Kugelverschleißes (Durchmesserreduzierung $> 0,5 mm \pm 0,05 mm$) und der Temperatur ($< 600^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$), Optimierung des Austauschzyklus (Fehler $< 5\% \pm 1$ %), und ein Unternehmen hat dies 2025 erfolgreich getestet.

3D-Drucktechnologie

verwendet SLM (Schichtdicke 40–60 $\mu m \pm 5 \mu m$) zur Herstellung komplexer Kugeln, wodurch der Materialabfall um 10%±2% reduziert wird.

Umweltanpassungsfähigkeit

Entwicklung von Mahlkegeln für ultrahohe Temperaturen und Ultrakorrosion (Temperaturbeständigkeit $> 600^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$, Cl^{-} -Beständigkeit > 7000 Stunden ± 200 Stunden).

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver (Recyclingrate $> 80\% \pm 5$ %) reduziert den CO_2 -Fußabdruck (CO_2 -Reduktion von 20%±3 %), im Einklang mit der Norm ISO 14040.

Nationale und internationale Normen für Mahlkegel aus Hartmetall

Zu den nationalen und internationalen Normen gehören alle folgenden relevanten Normen und deren Nummern:

ISO 10058 (Norm für die Mineralaufbereitung)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 14704 (Keramiksleifnorm)
ASTM B214 (Pulvermetallurgie-Standard)
ISO 3310 (Chemikalien-Screening-Standard)
IEC 62619 (Batteriematerialnorm)
ASTM D1210 (Beschichtungsstandard)
EN 197 (Zementnorm)
USP <429> (Pharmazeutische Standards)
FDA 21 CFR (Lebensmittelstandards)
ISO 13099 (Nanotechnologie-Standard)
GB/T 5760 (Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall)
JB/T 7947 (Werkstoffnorm für Metallschneidwerkzeuge)



1

Was sind verschleißfeste Hartmetallrollen?

Hartmetall-Verschleißschutzwalzen sind Hochleistungswalzen für Metallwalzprozesse und werden in der Stahlindustrie häufig zur Herstellung von Stangen, Drähten, Bewehrungsstäben und nahtlosen Stahlrohren eingesetzt. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit Präzisionsbearbeitung und verschleißfesten Beschichtungen. Diese sorgen für hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Warmhärte und gewährleisten Walzpräzision und langfristige Zuverlässigkeit bei hohen Geschwindigkeiten und hohen Belastungen. Als Schlüsselkomponente im Walzwerk beeinflussen Hartmetall-Verschleißschutzwalzen direkt die Oberflächenqualität des Stahls, die Walzleistung und die Lebensdauer der Anlage.

Physikalische und chemische Eigenschaften von verschleißfesten Rollen aus Hartlegierungen

Die Hartmetallwalze verwendet Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-30\% \pm 1\%$) als Bindephase. Zugewetzt werden Spuren von Additiven (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, Ni $0-10\% \pm 1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und thermischer Ermüdungsbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ betragt. Die Korngroe wird prazise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate betragt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung der Walzen wird je nach Walzwerktyp individuell angepasst und umfasst integrierte und kombinierte Strukturen. Der Durchmesser der integrierten Walze betragt $200-600\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$, die Länge $500-2500\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$; die kombinierte Walze besteht aus einem Hartmetall-Walzenring, der mechanisch mit einer Stahlwalzenwelle verbunden oder an diese angegossen ist. Befestigungsmethoden wie Hochfrequenzschweißen oder Schraubverbindungen gewährleisten einen stabilen Betrieb auch bei hoher Belastung. Die Walzenoberfläche kann mit einer Beschichtung (z. B. TiN, TiAlN oder WC/C, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) versehen werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,15 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit sowie die Antihafteffekte verbessert. Das Design kombiniert Fhigkeitsfhigkeit und mechanische Optimierung und bietet einen Betriebstemperaturbereich von $-20\text{ }^\circ\text{C}$ bis $700\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$.

Eigenschaften von verschleißfesten Hartmetallrollen

WC bietet eine hohe Härte und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht hervorragende Beständigkeit gegen Verschleiß und thermische Ermüdung; Co verbessert die Zähigkeit und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

absorbiert Aufprallenergie durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation. Feine Körner optimieren die Mikrostruktur, Verschleißrate $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, Dichte $14,8\text{--}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$, Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Die Zugabe von Ni und Cr_3C_2 verbessert die Korrosionsbeständigkeit; TaC verbessert die Hochtemperaturhärte.

Funktionsprinzip von verschleißfesten Hartmetallwalzen:

Die Walzen verformen den Metallblock unter der Einwirkung des Walzwerks kontinuierlich plastisch durch die Nuten. Die Walzenoberfläche ist hoher Reibung und thermischer Belastung ausgesetzt, wobei die Walzenwelle strukturellen Halt und Ermüdungsbeständigkeit bietet. Die Präzisionskonstruktion der Walzen gewährleistet eine Nuttoleranz von $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, eine Oberflächenrauheit $R_a < 0,1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,05 \text{ }\mu\text{m}$ und eine Walzgenauigkeit von $< 0,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Die leistungsoptimierten Walzen zeichnen sich durch eine ausgezeichnete Lebensdauer und Walzleistung aus. Die SEM-Analyse zeigt keinen erkennbaren Verschleiß an den Nuten, die Röntgenbeugung bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase, und die Wärmebildgebung zeigt eine geringe thermische Spannungsverteilung.

Faktoren, die die Leistung von verschleißfesten Hartmetallwalzen beeinflussen

Ein Co-Gehalt von

6–30 % ± 1 % erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, $<6 \text{ } \pm 1 \text{ } \%$ führt zu einer erhöhten Rissrate, $>30 \text{ } \pm 1 \text{ } \%$ verringert die Härte und erhöht die Wärmeausdehnung und 10–15 % $\pm 0,5 \text{ } \%$ werden bevorzugt.

Eine Korngröße von

$0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ verringert effektiv den Verschleiß, $1\text{--}1,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ ist für Walzen bei mittlerer Belastung geeignet und $>2 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate.

Rillengeometrie

Ein Rillenwinkel von $10\text{--}20^\circ \pm 2^\circ$ optimiert die Walzleistung, $>20^\circ \pm 2^\circ$ verringert die Leistung und $<10^\circ \pm 2^\circ$ verursacht leicht Metallanhaftung. Eine

Oberflächenbeschichtungsdicke

von $0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$ verbessert die Verschleißfestigkeit Das Abschrecken von

Wärmebehandlungswalzen

verbessert die Stützleistung, und das Anlassen reduziert Eigenspannungen. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

über $700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ verringert die Härte, Wassergehalt oder Verunreinigungen erhöhen den Verschleiß, und eine Cl^- -Umgebung erhöht die Korrosionsrate.

Die Geräteparameter

Walzgeschwindigkeit, Walzkraft und Leistung beeinflussen die Lebensdauer der Walze, und zu hohe Parameter verkürzen die Lebensdauer.

Verschleißfeste Hartmetallwalzentypen:

Integralwalzen

mit einem Durchmesser von $300\text{--}600 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ eignen sich für Hochlastwalzwerke.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kombinierte Walzen

bestehen aus Hartmetall-Walzenringen und Stahlwellen und eignen sich für Hochgeschwindigkeits-Drahtwalzwerke.

Verbundwalzen haben

auf die Walzenwelle gegossene Hartmetall-Walzenringe, eignen sich für Dreiwalzenwerke und zeichnen sich durch hohe Temperaturbeständigkeit aus. Zu

den Spezialwalzen

gehören Ultrahochtemperatur- und Ultrakorrosionswalzen.

Anwendungen von verschleißfesten Hartmetallrollen:

Stangenwalzen

werden für Stangen aus Kohlenstoffstahl mit langer Lebensdauer verwendet und erfüllen die Norm ISO 10241.

Drahtwalzen

werden für Hochgeschwindigkeitsdrähte mit starker Verschleißfestigkeit verwendet und erfüllen die Norm API 7-1.

Die Betonstahlproduktion

wird zum Walzen von Betonstahl mit hoher Schlagfestigkeit verwendet und erfüllt die Norm EN 10080.

Die Herstellung nahtloser Stahlrohre

wird für Dreiwalzenwerke mit starker Hochtemperaturbeständigkeit verwendet und erfüllt die Norm ASTM A519.

Das Walzen spezieller Legierungen

wird zum Walzen von Titanlegierungen mit starker Korrosionsbeständigkeit verwendet und erfüllt die Norm AMS 4928.

Eisenbahnschienen

werden zum Schienenwalzen mit geringer Oberflächenrauheit verwendet und erfüllen die Norm EN 13674.

Automobilteile

werden zum hochpräzisen Walzen von Zahnradstahl verwendet und erfüllen die Norm ISO 683.

Energieanlagen

werden zum Walzen von Hochdruck-Kesselrohren mit starker Hitzebeständigkeit verwendet und erfüllen die Norm ASME SA-213.

Relevante nationale und internationale Normen:

ISO 10241,

API 7-1, EN 10080, ASTM A519, AMS 4928, EN 13674, ISO 683, ASME SA-213, GB/T 5760, JB/T 7947

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Was sind Hartmetallzahnräder?

Hartmetallzahnräder sind Hochleistungszahnäder, die für hohe Belastungen, präzise Getriebe und extreme Arbeitsbedingungen ausgelegt sind. Sie finden breite Anwendung im Schwermaschinenbau, in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Energietechnik und anderen Bereichen. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit präziser Bearbeitung und Oberflächenbehandlung. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit und gewährleistet so Übertragungspräzision und langfristige Zuverlässigkeit bei hohen Geschwindigkeiten und hoher Belastung. Als Schlüsselkomponente des Getriebesystems beeinflussen Hartmetallzahnäder direkt die Effizienz, den Geräuschpegel und die Lebensdauer der Anlage. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen von Zahnädern umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften von Hartmetallzahnädern

Hartmetallzahnäder verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-15\% \pm 1\%$) als Bindephase. Zugewetzt werden Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, Ni $0-5\% \pm 1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und thermischer Ermüdungsbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung des Zahnäders wird individuell an die Getriebeanforderungen angepasst und umfasst Gerad-, Schräg- und Kegelverzahnung. Der Modulbereich beträgt $1-10\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$, die Zähnezahl $20-100 \pm 1$, die Zahnhöhe $10-50\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$. Das Zahnader ist auf einer Stahlwelle montiert. Die Befestigungsmethoden umfassen Passfederverbindung oder Schrumpfsitz, um einen stabilen Betrieb bei hohem Drehmoment zu gewährleisten. Die Zahnoberfläche kann beschichtet werden (z. B. TiN, TiAlN oder DLC, mit einer Dicke von $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$). Der Reibungskoeffizient wird dadurch auf $<0,15 \pm 0,05$ reduziert, was die Verschleißfestigkeit und Antihafteffizienz verbessert. Das Design integriert Getriebemechanik und optimiertes Wärmemanagement. Der Betriebstemperaturbereich liegt zwischen $-20\text{ }^\circ\text{C}$ und $600\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$.

Eigenschaften von verschleißfesten Hartmetallrollen

WC bietet eine hohe Härte und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht ihm eine hervorragende Beständigkeit gegen Verschleiß und thermische Ermüdung; Co verbessert die Zähigkeit und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

absorbiert Aufprallenergie durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation. Feine Körner optimieren die Mikrostruktur mit einer Verschleißrate von $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, einer Dichte von $14,8\text{--}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ und einem Wärmeausdehnungskoeffizienten (CTE) von $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Die Zugabe von Ni und Cr_3C_2 verbessert die Korrosionsbeständigkeit; TaC erhöht die Härte bei hohen Temperaturen.

Funktionsprinzip von verschleißfesten Hartmetallrollen:

Zahnräder übertragen Kraft durch Zahneingriff im Getriebesystem. Die Zahnoberfläche ist hohem Kontaktdruck und thermischer Belastung ausgesetzt, während die Welle strukturellen Halt und Ermüdungsbeständigkeit bietet. Die Präzisionskonstruktion der Zahnräder gewährleistet eine Zahnprofilltoleranz von $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, eine Oberflächenrauheit $R_a < 0,1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,05 \text{ } \mu\text{m}$ und eine Übertragungsgenauigkeit von $< 0,02^\circ \pm 0,01^\circ$.

Die optimierten Zahnräder zeichnen sich durch eine ausgezeichnete Lebensdauer aus. Die SEM-Analyse zeigt keinen erkennbaren Verschleiß an der Zahnoberfläche, die Röntgenbeugung bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase und die Wärmebildung zeigt eine geringe thermische Spannungsverteilung.

Faktoren, die die Leistung von Hartmetallzahnradern beeinflussen:

Ein Co-Gehalt von

6–15 % ± 1 % bietet das beste Verhältnis zwischen Härte und Zähigkeit, <6 % ± 1 % erhöht die Rissrate, >15 % ± 1 % reduziert die Härte und erhöht die Wärmeausdehnung, und 8–12 % $\pm 0,5$ % sind vorzuziehen.

Eine Korngröße von

0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ reduziert den Verschleiß effektiv, 1–1,5 $\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ eignet sich für die Übertragung mittlerer Lasten, und $>2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ erhöht den Verschleiß. Ein Eingriffswinkel

des Zahnprofils

von $20^\circ \pm 2^\circ$ optimiert die Übertragungseffizienz, $>22^\circ \pm 2^\circ$ reduziert die Effizienz und $<18^\circ \pm 2^\circ$ führt leicht zu ungleichmäßigem Eingriff. Eine

Oberflächenbeschichtungsdicke

von 0,5–1 $\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ } \mu\text{m}$ verbessert die Verschleißfestigkeit. Die TiAlN-Beschichtung reduziert den Reibungskoeffizienten und verbessert die Hochtemperaturbeständigkeit. Das Abschrecken von Zahnradern

durch Wärmebehandlung

verbessert die Oberflächeneigenschaften, und das Anlassen reduziert Eigenspannungen. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

von $>600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ verringert die Härte, Wassergehalt oder Verunreinigungen erhöhen den Verschleiß, und eine Cl⁻-Umgebung erhöht die Korrosionsrate.

Die Geräteparameter

Drehzahl, Drehmoment und Leistung beeinflussen die Lebensdauer des Zahnrads, und zu hohe Parameter verkürzen die Lebensdauer.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Arten von Hartmetallzahnradern:

Stirnräder

eignen sich für langsame Getriebe mit einem Modul von $2-5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.

Schrägverzahnte Zahnräder

eignen sich für mittlere Getriebe mit einem Modul von $3-7 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.

Kegelräder

eignen sich für schnelle Getriebe mit einem Modul von $1-3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Zu

den Spezialzahnradern

gehören hochtemperaturbeständige und korrosionsbeständige Ausführungen.

Anwendung von Hartmetallzahnradern:

Schwermaschinen

werden für Krangetriebe verwendet; sie sind langlebig und entsprechen der Norm ISO 6336.

In der Luft- und Raumfahrtindustrie

werden sie für Flugzeugmotorgetriebe verwendet; sie sind sehr temperaturbeständig und entsprechen der Norm AMS 6265.

In der Automobilindustrie

werden sie für geräuscharme Getriebe verwendet; sie entsprechen der Norm ISO 14635. In

der Energieindustrie

werden sie für Getriebe zur Windkrafterzeugung verwendet; sie sind sehr ermüdungsbeständig und entsprechen der Norm IEC 61400. In

der Bergbauindustrie

werden sie für Brechergetriebe verwendet; sie sind sehr schlagfest und entsprechen der Norm ISO 10825. In

der Schiffbauindustrie

werden sie für Propellergetriebe verwendet; sie sind sehr korrosionsbeständig und entsprechen der ABS-Norm. In

der Eisenbahnlokomotive

werden sie für hochpräzise Getriebe verwendet; sie entsprechen der Norm EN 13232. In

der Robotertechnologie

werden Gelenkgetriebe verwendet; sie weisen eine geringe Oberflächenrauheit auf und entsprechen der Norm ISO 9409.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung von Hartmetallzahnradern.

Neue Materialien

verwenden Nano-WC zur Verbesserung der Härte sowie TaC und Ni zur Erhöhung der Hochtemperaturstabilität. Integrierte Sensoren

zur intelligenten Überwachung

überwachen Zahnoberflächenverschleiß und -temperatur in Echtzeit, um die Austauschzyklen zu optimieren.

Die 3D-Drucktechnologie

nutzt SLM zur Herstellung komplexer Zahnräder und reduziert Materialabfall. Durch

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

die Anpassungsfähigkeit an die Umwelt

entstehen Zahnräder, die extrem temperatur- und korrosionsbeständig sind.

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver reduziert den CO₂-Fußabdruck und erfüllt die ISO 14040-Norm.

Relevante nationale und internationale Normen für HartmetallzahnräderISO

6336

AMS 6265ISO 14635IEC 61400ISO 10825EN 13232ISO 9409GB/T 5760JB/T 7947



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Was ist eine verschleißfeste Hartmetall-Lagerbuchse?

Verschleißfeste Hartmetall-Lagerbuchsen sind Hochleistungslagerbuchsen für hohe Belastungen, geringe Reibung und extreme Betriebsbedingungen. Sie finden breite Anwendung in Bergbaumaschinen, Ölbohrungen, Chemiepumpen und der Automobilindustrie. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit Präzisionsbearbeitung und Oberflächenmodifizierung. Dadurch wird eine hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Selbstschmierung erreicht. Dies gewährleistet Lagerstabilität und langfristige Zuverlässigkeit bei hohen Drehzahlen und hoher Belastung. Als Schlüsselkomponente des Lagersystems beeinflussen verschleißfeste Hartmetall-Lagerbuchsen direkt die Betriebsgenauigkeit, Lebensdauer und Wartungskosten der Anlage. Basierend auf den neuesten Informationen zum gesamten Netzwerk und dem technologischen Fortschritt der Branche im Jahr 2025 werden im Folgenden die Eigenschaften, technischen Details und Anwendungen der Buchsen umfassend erläutert.

Physikalische und chemische Eigenschaften von verschleißfesten Lagerbuchsen aus Hartmetall.

Hartmetallbuchsen bestehen aus Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase und Kobalt (Co, $6-12\% \pm 1\%$) als Bindephase. Spuren von Additiven (z. B. Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, Ni $0-5\% \pm 1\%$, TaC $1-3\% \pm 0,2\%$) optimieren Korngröße, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$ (vorzugsweise $0,8-1,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,01\text{ }\mu\text{m}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $95\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die Buchse ist zylindrisch oder komplex geformt und hat einen Innendurchmesser von $10-200\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$, einen Außendurchmesser von $20-250\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$, eine Länge von $20-300\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ und eine Wandstärke von $5-50\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$. Die Oberflächengüte $R_a < 0,2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$ und die Toleranz von $\pm 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ gewährleisten die Passgenauigkeit zur Welle. Eine Beschichtung (z. B. TiN, MoS_2 oder DLC, Dicke $0,5-2\text{ }\mu\text{m} \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$) kann auf die Innenfläche aufgebracht werden. Dadurch wird der Reibungskoeffizient auf $<0,1 \pm 0,05$ reduziert und die Verschleißfestigkeit sowie die Selbstschmierung verbessert. Das Design kombiniert Wärmeleitfähigkeit und mechanische Optimierung mit einem Betriebstemperaturbereich von $-20\text{ }^\circ\text{C}$ bis $500\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$.

Eigenschaften von verschleißfesten Hartmetall-Lagerbuchsen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC bietet eine hohe Härte und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht ihm hervorragende Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit; Co erhöht die Zähigkeit und absorbiert Aufprallenergie durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation. Feine Körner optimieren die Mikrostruktur mit einer Verschleißrate von $<0,03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, einer Dichte von $14,8\text{--}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ und einem Wärmeausdehnungskoeffizienten (CTE) von $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Die Zugabe von Ni und Cr_3C_2 verbessert die Korrosionsbeständigkeit; TaC erhöht die Härte bei hohen Temperaturen.

Verschleißfestes Prinzip

von verschleißfesten Hartmetall-Lagerbuchsen. Buchsen im Lagersystem gewährleisten Halt und Stoßdämpfung durch Gleit- oder Rollkontakt zwischen Innenfläche und Welle. Die Innenfläche ist hohem Kontaktdruck und thermischer Belastung ausgesetzt, und die Buchse bietet geringe Reibung und hohe Verschleißfestigkeit. Die präzise Konstruktion gewährleistet eine Toleranz des Innendurchmessers von $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$, eine Oberflächenrauheit von $R_a < 0,2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,1 \text{ } \mu\text{m}$ und einen Rundlauf von $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

Die optimierte Buchse weist eine ausgezeichnete Lebensdauer auf, die SEM-Analyse zeigt keinen offensichtlichen Verschleiß an der Innenfläche, die Röntgenbeugung bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase und die Wärmebildgebung zeigt eine geringe thermische Spannungsverteilung.

Faktoren, die die Leistung von verschleißfesten Lagerbuchsen aus Hartmetall beeinflussen

Ein Co-Gehalt von

6–12 % ± 1 % erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit, <6 % ± 1 % führen zu einer erhöhten Rissrate, >12 % ± 1 % verringern die Härte und erhöhen die Wärmeausdehnung und 8–10 % $\pm 0,5$ % werden bevorzugt.

Eine Korngröße von

$0,5\text{--}1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ verringert effektiv den Verschleiß, $1\text{--}1,5 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ ist für mittlere Belastungen geeignet und $>2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate.

Genauigkeit des Innendurchmessers

Die Innendurchmessertoleranz von $\pm 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$ optimiert die Passungsgenauigkeit, $>\pm 0,02 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ verringert die Effizienz und $<\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$ erhöht die Bearbeitungskosten.

Eine Oberflächenbeschichtung

mit einer Schichtdicke von $0,5\text{--}1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,1 \text{ } \mu\text{m}$ verbessert die Verschleißfestigkeit. Eine MoS_2 -Beschichtung reduziert den Reibungskoeffizienten und verbessert die Selbstschmierung.

Wärmebehandlung und

Abschrecken der Buchse verbessern die Oberflächeneigenschaften, und Anlassen reduziert Eigenspannungen. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

von $>500 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ verringert die Härte, Wassergehalt oder Verunreinigungen erhöhen den Verschleiß, und eine Cl⁻-Umgebung erhöht die Korrosionsrate.

Geräteparameter wie

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Geschwindigkeit, Belastung und Leistung beeinflussen die Lebensdauer der Buchse. Zu hohe Parameter verkürzen die Lebensdauer.

Arten von verschleißfesten Hartmetall-Lagerbuchsen.

Standardbuchsen

mit einem Innendurchmesser von 10–50 mm $\pm 0,1$ mm eignen sich für langsam laufende Lager.

Mittlere Buchsen

mit einem Innendurchmesser von 50–100 mm $\pm 0,1$ mm eignen sich für mittlere Belastungen.

Große Buchsen

mit einem Innendurchmesser von 100–200 mm $\pm 0,1$ mm eignen sich für hochbelastete Lager. Zu

den Spezialbuchsen

gehören hochtemperatur- und korrosionsbeständige Ausführungen.

Anwendung von verschleißfesten Hartmetall-Lagerbuchsen:

In Bergbaumaschinen

werden sie für Brecherlager verwendet; sie haben eine lange Lebensdauer und entsprechen der Norm ISO 10825. In

der Ölförderung

werden sie für Bohrpumpenbuchsen verwendet; sie haben eine hohe Korrosionsbeständigkeit und entsprechen der Norm API 7K.

Chemiepumpen

werden für Pumpen für korrosive Medien verwendet; sie haben chemische Korrosionsbeständigkeit und entsprechen der Norm ISO 13709.

Die Automobilindustrie

eignet sich für Motorlager; sie sind geräuscharm und entsprechen der Norm ISO 14635.

Energieanlagen

werden für Lager zur Windkrafterzeugung verwendet; sie haben eine hohe Ermüdungsbeständigkeit und entsprechen der Norm IEC 61400.

Die Schiffbauindustrie

verwendet sie für Buchsen für Antriebssysteme; sie sind seewasserkorrosionsbeständig und entsprechen der ABS-Norm. In

landwirtschaftlichen Maschinen

werden sie für Traktorlager verwendet; sie haben eine geringe Oberflächenrauheit und entsprechen der Norm ISO 4254.

Medizinische Geräte

eignen sich für hochpräzise Pumpenbuchsen; sie sind hochpräzise und entsprechen der Norm ISO 13485.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklung

verschleißfester Lagerbuchsen aus Hartmetall. Neue Materialien

verbessern die Härte durch Nano-WC und erhöhen durch Zugabe von TaC und Ni die Hochtemperaturbeständigkeit. Integrierte Sensoren

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

zur intelligenten Überwachung

überwachen Verschleiß und Temperatur der Innenflächen in Echtzeit, um die Austauschzyklen zu optimieren.

Die 3D-Drucktechnologie

nutzt SLM zur Herstellung komplexer Buchsen und reduziert so den Materialabfall.

Dank der Umweltverträglichkeit

werden Buchsen für extrem hohe Temperaturen und extreme Korrosion entwickelt.

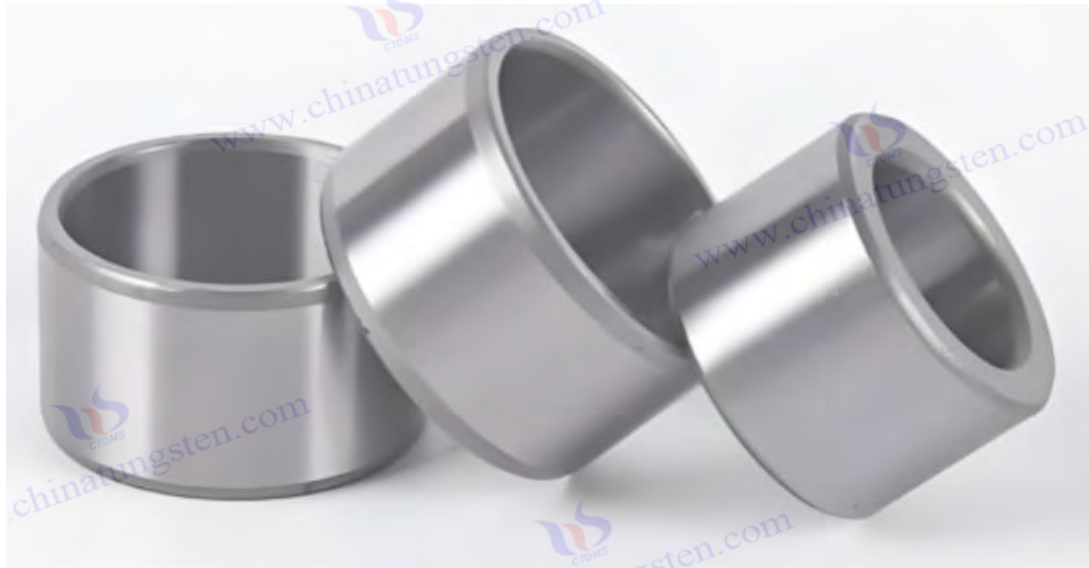
Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver reduziert den CO₂-Fußabdruck und erfüllt die ISO 14040-Norm.

Zugehörige nationale und internationale Normen für verschleißfeste Lagerbuchsen aus HartmetallISO

10825API

7KISO 13709ISO 14635IEC 61400ISO 4254ISO 13485GB/T 5760JB/T 7947



Was sind medizinische Instrumente und Geräte aus Hartmetall?

Medizinische Instrumente und Geräte aus Hartmetall sind leistungsstarke medizinische Werkzeuge, die auf hohe Präzision, Biokompatibilität und Langlebigkeit ausgelegt sind und in der Chirurgie, Zahnmedizin, Orthopädie und Diagnostik weit verbreitet sind. Ihr Hauptvorteil liegt in der Verwendung von Hartmetallmaterialien (wie Wolframstahl, WC-Co-System) in Kombination mit Präzisionsbearbeitung und Oberflächenbehandlung. Dies gewährleistet hervorragende Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und antibakterielle Eigenschaften und gewährleistet so die Genauigkeit und Sicherheit der Werkzeuge in komplexen chirurgischen Umgebungen und bei langfristigem Einsatz. Als Schlüsselkomponente im medizinischen Bereich beeinflussen medizinische Instrumente aus Hartmetall direkt die chirurgische Effizienz, die Patientenrehabilitation und die Lebensdauer der Geräte.

Physikalische und chemische Eigenschaften von medizinischen Geräten aus Hartmetall.

Medizinische Geräte aus Hartmetall verwenden Wolframkarbid (WC, Gehalt $>90\% \pm 1\%$) als Hartphase, Kobalt (Co, $4-8\% \pm 1\%$) als Bindephase und Spurenzusätze (wie Cr_3C_2 $0,5-2\% \pm 0,1\%$, TaC $0,5-1,5\% \pm 0,1\%$, Ni $0-3\% \pm 0,5\%$) zur Optimierung von Korngröße, Verschleißfestigkeit und Biokompatibilität. Die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch. Zu den gängigen Verfahren zählen das Heißisostatische Pressen (HIP, Temperatur $1400-1500\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $150-200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, Haltezeit $30-60\text{ min} \pm 5\text{ min}$) oder das Funkenplasmasintern (SPS, Temperatur $1350-1450\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, Druck $45-55\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, Haltezeit $5-10\text{ min} \pm 1\text{ min}$), wodurch sichergestellt wird, dass das Material $99,9\% \pm 0,1\%$ der theoretischen Dichte erreicht und die Porosität $<0,1\% \pm 0,05\%$ beträgt. Die Korngröße wird präzise auf $0,5-1,5\text{ µm} \pm 0,01\text{ µm}$ (vorzugsweise $0,8-1\text{ µm} \pm 0,01\text{ µm}$) kontrolliert, und das optimale Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit wird durch die Hall-Petch-Gleichung ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$) erreicht. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur erreicht $96\% \pm 2\%$ (metallografische Analyse), und die lokale Korngrenzenverfestigungsrate beträgt $>98\% \pm 1\%$.

Die geometrische Gestaltung der Instrumente wird je nach Verwendungszweck individuell angepasst. Dazu gehören chirurgische Klingen, Scheren, Bohrer und Pinzetten mit einem Größenbereich von $0,5-50\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$, einer Toleranz von $\pm 0,01\text{ mm} \pm 0,005\text{ mm}$ und einer Oberflächengüte von $R_a < 0,05\text{ µm} \pm 0,02\text{ µm}$. Biokompatible Beschichtungen (wie TiN, ZrN oder DLC mit einer Dicke von $0,5-1,5\text{ µm} \pm 0,1\text{ µm}$) können auf die Oberfläche aufgebracht werden. Der Reibungskoeffizient wird dadurch auf $<0,1 \pm 0,05$ reduziert, was die Verschleißfestigkeit und die antibakteriellen Eigenschaften verbessert. Das Design vereint Ergonomie und optimiertes Wärmemanagement mit einem Betriebstemperaturbereich von -20 °C bis $200\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ und erfüllt damit die Sicherheitsstandards für menschlichen Kontakt.

Eigenschaften von medizinischen Geräten aus Hartmetall

WC bietet eine hohe Härte und seine hexagonale Kristallstruktur verleiht ihm hervorragende Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit; Co verbessert die Zähigkeit und absorbiert

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Aufprallenergie durch Mischkristallverfestigung und plastische Deformation. Feine Körner optimieren die Mikrostruktur mit einer Verschleißrate von $<0,02 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, einer Dichte von $14,8\text{--}15,2 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ und einem Wärmeausdehnungskoeffizienten (CTE) von $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Die Zugabe von Cr_3C_2 und TaC verbessert die Korrosionsbeständigkeit; Ni optimiert die Biokompatibilität und entspricht der Norm ISO 10993.

Funktionsprinzip medizinischer Instrumente aus Hartmetall:

Instrumente verwenden scharfe Kanten oder Bohrer zur präzisen Bearbeitung von Gewebe oder Materialien bei Operationen oder Diagnosen. Die Arbeitsfläche ist hohem Anpressdruck und geringer thermischer Belastung ausgesetzt. Die Beschichtung reduziert die Gewebehaftung und verbessert die antibakteriellen Eigenschaften. Die präzise Konstruktion gewährleistet eine Kantentoleranz von $\pm 0,005 \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm}$, eine Oberflächenrauheit $R_a < 0,05 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,02 \text{ }\mu\text{m}$ und eine Schnittgenauigkeit von $< 0,01 \text{ mm} \pm 0,005 \text{ mm}$.

Das optimierte Werkzeug weist eine ausgezeichnete Lebensdauer auf, die SEM-Analyse zeigt keine offensichtlichen Schäden an der Schneide, die Röntgenbeugung bestätigt die hohe Kristallinität der WC-Phase und antibakterielle Tests zeigen eine hohe Hemmmate.

Faktoren, die die Leistung von medizinischen Geräten aus Hartmetall beeinflussen

Ein Co-Gehalt von

$4\text{--}8 \% \pm 1 \%$ erzielt das beste Gleichgewicht zwischen Härte, Zähigkeit und Biokompatibilität, $< 4 \% \pm 1 \%$ führen zu einer erhöhten Rissrate, $> 8 \% \pm 1 \%$ verringern die Härte und erhöhen das Zytotoxizitätsrisiko und $5\text{--}7 \% \pm 0,5 \%$ sind vorzuziehen.

Eine Korngröße von

$0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ verringert effektiv den Verschleiß, $1\text{--}1,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ ist für mittlere Belastungen geeignet und $> 1,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,01 \text{ }\mu\text{m}$ erhöht die Verschleißrate. Ein Schneidkantenwinkel von

15–25

$^\circ \pm 2^\circ$ optimiert die Schneidleistung, $> 25^\circ \pm 2^\circ$ verringert die Leistung und $< 15^\circ \pm 2^\circ$ führt leicht zu Rissen an der Schneidkante.

Eine Oberflächenbeschichtung

mit einer Schichtdicke von $0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,1 \text{ }\mu\text{m}$ verbessert die Verschleißfestigkeit und die antibakteriellen Eigenschaften. Die ZrN-Beschichtung reduziert den Reibungskoeffizienten und verbessert die Biokompatibilität. Das Abschrecken

von Wärmebehandlungswerkzeugen

verbessert die Oberflächeneigenschaften, und das Anlassen reduziert Eigenspannungen. Eine

Arbeitsumgebungstemperatur

von $> 200 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ verringert die Härte, Wassergehalt oder Blutflecken erhöhen den Verschleiß, und eine Cl^- -Umgebung erhöht die Korrosionsrate.

Geräteparameter:

Schnittgeschwindigkeit, Belastung und Leistung beeinflussen die Lebensdauer des Geräts, und zu hohe Parameter verkürzen die Lebensdauer.

Medizinische Instrumente aus Hartmetall

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

. Chirurgische Hartmetallklingen

haben eine Klingenlänge von 5–20 mm $\pm$ 0,05 mm und eignen sich zum Schneiden von Weichgewebe.

Hartmetall-Zahnbohrer

haben einen Durchmesser von 1–5 mm $\pm$ 0,01 mm und eignen sich zum Bohren von Zahnschmelz. Zu

den orthopädischen Hartmetallinstrumenten

gehören Sägeblätter und Schraubendreher mit einer Länge von 20–50 mm $\pm$ 0,1 mm. Zu

den Spezialinstrumenten aus Hartmetall

gehören korrosionsbeständige Pinzetten und Hochtemperatur-Sterilisationswerkzeuge.

Anwendung medizinischer Instrumente aus Hartmetall:

Allgemeine Chirurgie

zum Schneiden von Gewebe, lange Lebensdauer, gemäß ISO 7153-Norm.

Zahnmedizin

zur Kronenvorbereitung, hohe Verschleißfestigkeit, gemäß ISO 1797-Norm.

Orthopädie

zur Frakturfixierung, hohe Schlagfestigkeit, gemäß ASTM F136-Norm.

Neurochirurgie

für minimalinvasive Chirurgie, geringe Oberflächenrauheit, gemäß ISO 13485-Norm.

Plastische Chirurgie

für die Implantatverarbeitung, gute Biokompatibilität, gemäß ISO 10993-Norm.

Augenheilkunde

für Hornhautchirurgie, hohe Schnittgenauigkeit, gemäß ISO 10939-Norm.

Veterinärmedizin

für Tierchirurgie, hohe Korrosionsbeständigkeit, gemäß AVMA-Norm.

Diagnoseinstrumente

für Biopsienadeln, starke antibakterielle Eigenschaften, gemäß ISO 11607-Norm.

Technologischer Fortschritt und zukünftige Entwicklungen:

Neue Materialien

verbessern durch Nano-WC die Härte und erhöhen durch TaC und Ni die Biokompatibilität.

Intelligente Überwachung:

Integrierte Sensoren überwachen Kantenverschleiß und Temperatur in Echtzeit, um Austauschzyklen zu optimieren.

Die 3D-Drucktechnologie

nutzt SLM zur Herstellung komplexer Instrumente und reduziert Materialabfall.

Umweltverträglichkeit

ermöglicht die Entwicklung ultrakorrosionsbeständiger und antibakterieller Instrumente.

Nachhaltiges

Recycling von WC-Pulver reduziert den CO₂-Fußabdruck und erfüllt die ISO 14040-Norm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Relevante nationale und internationale NormenISO

7153ISO

1797ASTM F136ISO 13485ISO 10993ISO 10939ISO 11607GB/T 5760YY/T 0290



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