Wolframhartmetall

Umfassende Untersuchung physikalischer und chemischer Eigenschaften, Prozesse und Anwendungen (X)

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

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

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

Teil 4: Klassifizierung und Anwendungsgebiete von Hartmetall

Kapitel 10: Klassifizierung von Hartmetall

Als Hochleistungswerkstoff bestimmt die Klassifizierung von Hartmetall (WCCo usw.) direkt die genaue Abstimmung von Werkstoffen, Herstellungsverfahren und Anwendungsszenarien. Die Klassifizierung basiert nicht nur auf der Zusammensetzung (WC 70–95 % ± 1 %, Co 5–30 % ± 1 %) und der Mikrostruktur (Korngröße 0,5–10 μm ± 0,01 μm), sondern umfasst auch Leistung (Härte HV 800–2000 ± 30, Verschleißfestigkeit < 0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$) und Funktion (Korrosionsbeständigkeit, Gewichtsverlust < 0,1 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2, Leitfähigkeit ~ 10 MS/m ± 0,1 MS/m). Ein sinnvolles Klassifizierungssystem bietet eine theoretische Grundlage und praktische Anleitung für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt (Werkzeuglebensdauer > 5000 Stunden ± 500 Stunden), im Bergbau (Bohrerschlagfestigkeit > 10^6-mal ± 10^5-mal) und in der Elektronikfertigung (Formgenauigkeit < 1 μm ± 0,1 μm).

Aus theoretischer Sicht ist die Klassifizierung von Hartmetall das Produkt der Kombination von Materialwissenschaft und technischen Anwendungen. Der Kern liegt in der Leistungsmaximierung durch Optimierung von Zusammensetzung und Struktur. WC bietet als harte Phase hohe Härte und Verschleißfestigkeit, und Co erhöht als Bindephase die Zähigkeit. Die Anpassung des Verhältnisses der beiden wirkt sich direkt auf die mechanischen Eigenschaften und die thermische Stabilität des Materials aus. Zudem ist die Korngröße der Mikrostruktur über die Hall-Petch-Beziehung umgekehrt proportional zur Härte. Feinkörniges Hartmetall (<2 μm) eignet sich gut für die Hochpräzisionsbearbeitung, während grobe Körner (> 5 μm) besser für Stoßfestigkeitsszenarien geeignet sind. Leistungsparameter wie Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit spiegeln die langfristige Zuverlässigkeit des Materials in komplexen Umgebungen wider, und die elektrische Leitfähigkeit bietet Möglichkeiten für elektrische Bearbeitungsprozesse. Darüber hinaus kann die Korngrenzentechnik (wie Dotierung mit den Seltenerdelementen Ce oder Y) die Bindungskraft zwischen den Körnern optimieren und die Ermüdungsbeständigkeit des Materials verbessern. Diese Theorie bietet eine neue Richtung für die Entwicklung neuer Hartmetalle.

Die Klassifizierungsmethode hat sich von einer empirischen Zusammenfassung zu einem wissenschaftlichen System entwickelt. Frühe Klassifizierungen beruhten hauptsächlich auf dem Verhältnis der Komponenten (wie etwa dem WC/Co-Verhältnis von WCCo), während moderne Methoden XRD- (Röntgenbeugung) und SEM- (Rasterelektronenmikroskopie) Techniken kombinieren, um die Phasenzusammensetzung und Kornverteilung genau zu beschreiben. Internationale Normen (wie etwa ISO 513) standardisieren die Klassifizierung weiter und unterteilen Hartmetallsorten nach Anwendungsfeldern und Leistungsindikatoren. Theoretisch enthüllt eine mehrdimensionale Analyse (wie etwa der Vergleich zwischen WCCo und WCTiCNi) die Wirkung der TiCN- Zugabe auf die Härte (> HV 1600±30) und die Hochtemperaturbeständigkeit, während die Einführung selbstschmierender Funktionen (wie etwa MoS_2- Dotierung) die Aussichten für spezielle Anwendungen erweitert. Zudem unterstützen thermodynamische Berechnungen (wie etwa die Gibbs-Freie-Energie-Analyse) die Optimierung des Phasendiagramms

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

und leiten das Design mehrphasiger Hartmetalle (wie etwa WCCoTiCN), was die Integration von Klassifizierung und Materialgenom-Engineering widerspiegelt.

Aus Anwendungssicht beeinflusst der wissenschaftliche Charakter der Klassifizierung direkt die Materialauswahl. Beispielsweise haben die Anforderungen an die Werkzeugstandzeit in der Luft- und Raumfahrt die Entwicklung von ultrafeinkörnigen Hartmetallen (<1 μm) vorangetrieben, deren hohe Härte (> HV 1800) auf der Theorie der Kornfeinung beruht. Im Bergbau werden schlagfeste Hartmetalle benötigt, deren grobkörnige Struktur die Bruchzähigkeit (> 15 MPa·m) verbessert. ½) durch Reduzierung der Versetzungsdichte. In der Elektronikfertigung hängt die Formgenauigkeit von der nanoskaligen Kornkontrolle ab. In Kombination mit Oberflächenmodifizierungstechnologien (wie PVD-Beschichtung) werden Verschleißfestigkeit und Dimensionsstabilität weiter verbessert. Die theoretische Unterstützung dieser Anwendungsanforderungen erfolgt durch die systematische Abbildung von Leistung, Struktur und Prozess im Klassifizierungssystem.

Dieses Kapitel beginnt mit der Bedeutung und den Methoden der Hartmetallklassifizierung und untersucht eingehend die wissenschaftlichen Grundlagen, die Methodenentwicklung und die internationalen Klassifizierungsstandards. Durch eine mehrdimensionale Analyse der Zusammensetzung (WCCo , WCTiCNi), der Leistung (Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit) und Funktion (Leitfähigkeit, Selbstschmierung) werden Aufbau und Anwendung des Klassifizierungssystems systematisch erläutert. Dieses Kapitel schließt an Kapitel 9 (Multifunktionales WCTiCNi, Härte > HV 1600 ± 30) an und legt den Grundstein für nachfolgende Anwendungsbereiche (Kapitel 11).

10.1 Bedeutung und Methode der Hartmetallklassifizierung

Die Klassifizierung von Hartmetall ist das zentrale Bindeglied zwischen Materialwissenschaft und Werkstofftechnik und durchdringt den gesamten Prozess der Materialforschung und -entwicklung, Prozessoptimierung und praktischen Anwendung. Ihre Bedeutung liegt darin, dass durch eine systematische Klassifizierungsmethode die Genauigkeit der Materialauswahl direkt verbessert werden kann (die Übereinstimmungsrate kann theoretisch 95 % ± 2 % erreichen), der Produktionsprozess optimiert werden kann, um Kosten zu senken (theoretisch 10 % ± 2 %) und die Genauigkeit der Leistungsvorhersage verbessert werden kann (theoretisch 90 % ± 2 %). Die Klassifizierung erfordert die umfassende Berücksichtigung mehrerer Faktoren, einschließlich der chemischen Zusammensetzung (Wolframkarbid WC macht 70–95 % ± 1 % aus), der Bindungsphase (z. B. Kobalt Co oder Nickel Ni macht 5–30 % ± 1 % aus), der mikrostrukturellen Eigenschaften (z. B. Korngrößenbereich 0,5–10 μm ± 0,01 μm) und der funktionellen Eigenschaften (z. B. theoretischer Reibungskoeffizient < 0,2 ± 0,01, theoretischer spezifischer Widerstand < 12 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm). Ein wissenschaftliches Klassifizierungssystem kann nicht nur die wesentlichen physikalischen und chemischen Gesetze von Hartmetall offenlegen, sondern auch die Verwirklichung einer standardisierten Produktion fördern (die Qualifikationsrate kann bei nahe 99 % ± 1 % liegen) und seine breite Anwendung in branchenübergreifenden Bereichen wie Luft- und

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

Raumfahrt, Bergbau, Elektronikfertigung, Automobilindustrie, Energieausrüstung, medizinische Geräte sowie Landesverteidigung und Militär unterstützen. Aus theoretischer Sicht optimiert das Klassifizierungssystem den Übereinstimmungsgrad zwischen Materialdesign und Anwendung, indem es eine Zuordnungsbeziehung zwischen Zusammensetzung, Mikrostruktur und Leistung herstellt und so die neuesten Fortschritte in zukunftsweisenden Forschungsfeldern wie der Materialgenomtechnik und der Multiskalenanalyse widerspiegelt. Darüber hinaus leistet die Klassifizierung auch wichtige Unterstützung für eine nachhaltige Fertigung, beispielsweise durch die effektive Reaktion auf die Anforderungen einer umweltfreundlichen Fertigung und des Umweltschutzes durch die Reduzierung von Materialabfällen (theoretischer Wert <2 % ± 0,5 %) und die Verbesserung der Ressourcennutzungseffizienz (theoretischer Wert > 98 % ± 1 %). Angesichts der rasanten Entwicklung additiver Fertigungstechnologien (wie 3D-Druck von Hartmetall) und intelligenter Produktionsmodi (wie KI-gestütztes Design) muss das Klassifizierungssystem derzeit dynamische Anpassungsmechanismen weiter integrieren, um sich an die vielfältigen Anforderungen neuer Prozesse hinsichtlich Materialeigenschaften und Verarbeitungsbedingungen anzupassen, wie beispielsweise potenzielle Anwendungen in der Weltraumforschung oder der Herstellung hochpräziser Quantencomputer.

In diesem Abschnitt werden die wissenschaftlichen Grundlagen und der industrielle Nutzen der Klassifizierung, die Entwicklung der Klassifizierungsmethoden (von der Zusammensetzung bis zur Funktion) sowie internationale Normen und Branchenpraktiken systematisch erörtert. Die Bedeutung und Methoden der Klassifizierung werden umfassend erläutert, indem grundlegende Materialtheorien (wie Phasendiagrammanalyse, thermodynamische Prinzipien), experimentelle Analysetechniken (wie Rasterelektronenmikroskopie SEM, energiedispersive Spektroskopie EDS, theoretische Auflösung <0,1 μm±0,01 μm) und internationale Normen (wie ISO 513, ASTM B276) kombiniert werden. Beispielsweise wird WC10Co (theoretische Korngröße 0,5 μm ± 0,01 μm) aufgrund seiner hohen Härte (theoretischer Wert HV 1800 ± 30) und hervorragenden Verschleißfestigkeit (theoretische Verschleißrate 0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m) als Schneidwerkzeugmaterial klassifiziert, während WC10Ni (theoretischer spezifischer Widerstand 11 μΩ · cm ± 0,1 μΩ · cm) aufgrund seiner leitfähigen Eigenschaften für Komponenten wie elektrische Kontakte und EDM-Elektroden geeignet ist. Diese vielfältige Klassifizierung spiegelt nicht nur die Komplexität der Materialeigenschaften wider, sondern bietet auch grundlegende Unterstützung für intelligente Fertigung. Beispielsweise können datengesteuerte Klassifizierungsmodelle (wie etwa die Vorhersageleistung von maschinellem Lernen) die Designeffizienz verbessern (der theoretische Wert kann um 15 % ± 2 % erhöht werden) und so den F&E-Zyklus verkürzen und die Testkosten senken.

10.1.1 Wissenschaftliche Grundlagen, industrieller Nutzen und Anwendung

10.1.1.1 Wissenschaftliche Grundlagen und Klassifizierungsprinzipien

Die wissenschaftliche Grundlage für die Klassifizierung von Hartmetallen basiert auf einem tiefen Verständnis der chemischen Zusammensetzung, der Mikrostruktur und der physikochemischen

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

Eigenschaften der Materialien. Die chemische Zusammensetzung umfasst üblicherweise Wolframkarbid WC als Hartphase (theoretischer Anteil 70–95 % ± 1 %), Kobalt Co oder Nickel Ni als Bindephase (theoretischer Anteil 5–30 % ± 1 %) und eine geringe Menge funktioneller Additive (wie Titankarbid TiC , theoretischer Anteil 0–10 % ± 0,1 %). Zu den mikrostrukturellen Eigenschaften zählen Korngröße (theoretischer Bereich 0,5–10 μm ± 0,01 μm), Korngrenzendichte (theoretischer Wert $10^{14} m^{-2} \pm 10^{13} m^{-2}$) und Gleichmäßigkeit der Phasenverteilung, die durch Rasterelektronenmikroskopie (SEM, theoretische Auflösung < 0,1 μm ± 0,01 μm) und energiedispersive Spektroskopie (EDS) charakterisiert werden. Zu den physikochemischen Eigenschaften zählen Härte (theoretischer Bereich HV 800–2000±30), Dichte (theoretischer Wert 14,5 g/cm³ ± 0,1 g/cm³), Bruchzähigkeit (theoretischer Bereich K_{1c} 8–20 MPa $\cdot m^{1/2}$ ± 0,5), Verschleißfestigkeit (theoretische Verschleißrate <0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) und Korrosionsbeständigkeit (theoretische Korrosionsstromdichte i_corr $<10^{-6}$ A/cm² ± 10^{-7} A/cm²).

Die theoretischen Grundlagen der Klassifizierung umfassen Phasendiagrammanalysen und thermodynamische Berechnungen. Beispielsweise zeigt das binäre Phasendiagramm von WCCo , dass dessen theoretische Liquidustemperatur bei etwa 1300 °C ± 10 °C liegt, was die Schlüsselphase des Phasengleichgewichts und der Partikelumlagerung während des Sinterns verdeutlicht. Die Thermodynamik quantifiziert die Stabilität jeder Phase durch die Gibbs-Freie-Energie (theoretischer Wert ΔG < 0 kJ/mol ± 10 kJ/mol). Dabei ist die Bildungsenthalpie von WC (theoretischer Wert ΔH_f ~ 40 kJ/mol ± 5 kJ/mol) deutlich niedriger als die Oxidationsenthalpie von Co (theoretischer Wert ΔH_ox ~ 200 kJ/mol ± 10 kJ/mol), was die Entwicklung korrosionsbeständiger Materialien theoretisch unterstützt. Darüber hinaus zeigt die Hall-Petch-Beziehung eine umgekehrte Beziehung zwischen Korngröße und Härte, wobei feine Körner (theoretischer Wert <2 μm±0,01 μm) die Härte theoretisch auf HV 1800±30 erhöhen, während grobe Körner (theoretischer Wert >5 μm±0,01 μm) die Zähigkeit auf K_{1c} erhöhen . > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. Leistungstests verifizieren theoretische Vorhersagen anhand internationaler Standards (wie dem Verschleißtest ASTM G65 und dem Korrosionstest ASTM G59), um die Wissenschaftlichkeit und Konsistenz der Klassifizierung sicherzustellen. Das ultimative Ziel der Klassifizierung ist es, eine theoretische Leistungsvorhersagegenauigkeit von über 90 % ± 2 % und eine Anwendungsübereinstimmungsrate von über 95 % ± 2 % zu erreichen und den Grundstein für nanoskaliges Hartmetall (z. B. mit einem theoretischen Kornwert < 0,2 μm ± 0,01 μm) in High-End-Anwendungen wie hochpräzisen mikroelektronischen Formen zu legen.

10.1.1.2 Klassifizierungsmechanismus und Leistungsanalyse

Die Leistungsfähigkeit von Hartmetall beruht auf dem synergistischen Effekt der WC-Hartphase und der Co-Bindungsphase. WC verfügt über eine hohe chemische Bindungsenergie (theoretischer Wert ~700 kJ/mol ± 10 kJ/mol) und eine hexagonale Kristallstruktur (theoretischer Mohshärtewert > 9), die dem Material hervorragende Härte und Verschleißfestigkeit verleiht. Co nutzt eine kubisch-flächenzentrierte (FCC) Kristallstruktur (theoretische Dehnung 1 % ± 0,1 %) als Bindungsphase, absorbiert Energie durch plastische Verformung und erhöht die Rissbeständigkeit des Materials. Der Klassifizierungsmechanismus basiert auf den folgenden Schlüsselparametern:

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

chemische Zusammensetzung

WC wird als Hauptphase verwendet (theoretischer Anteil 70–95 % ± 1 %), Co oder Ni werden als Bindungsphase verwendet (theoretischer Anteil 5–30 % ± 1 %) und Additive (wie z. B. TiC , theoretischer Anteil 5–10 % ± 0,1 %) werden verwendet, um die Hochtemperaturleistung und Korrosionsbeständigkeit anzupassen.

Mikrostruktur

Der theoretische Korngrößenbereich beträgt 0,5–10 μm ± 0,01 μm , was sich direkt auf die mechanischen Eigenschaften auswirkt. Der theoretische Wert der Korngrenzenbindungsfestigkeit >100 MPa ± 10 MPa bestimmt die Ermüdungsbeständigkeit und Bruchzähigkeit.

Physikalische und chemische Eigenschaften

Der theoretische Härtebereich liegt bei HV 800–2000±30, der theoretische Verschleißwiderstandswert Verschleißrate <0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, die theoretische Korrosionsstromdichte i_{corr} <$10^{-6}A/cm^2$ ± $10^{-7}A / cm^2$.

Die Phasendiagrammanalyse zeigt, dass das WCCo -System bei einer theoretischen Temperatur von 1300 °C ± 10 °C eine flüssige Phase bildet, was die Partikelumlagerung und Materialverdichtung fördert (theoretische relative Dichte > 99,5 % ± 0,1 %), während die Zugabe von TiC oder TaC die Hochtemperaturstabilität theoretisch verbessern kann (theoretischer Wert > 1000 °C ± 20 °C). Thermodynamische Berechnungen zeigen außerdem, dass die chemische Stabilität von WC (theoretische Bildungsenthalpie ΔH_f~40 kJ/mol ± 5 kJ/mol) der Oxidationsneigung von Co (theoretische Oxidationsenthalpie ΔH_{ox}~200 kJ/mol ± 10 kJ/mol) überlegen ist, was eine theoretische Grundlage für die Entwicklung von korrosionsbeständigem Hartmetall bietet. Experimentelle Analysen zeigen Korngleichmäßigkeit (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) durch SEM-Beobachtung (z. B. WC10Co-Probe), und EDS-Analysen bestätigen die Gleichmäßigkeit der Co-Phasenverteilung (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %). Diese mikrostrukturellen Merkmale stehen in engem Zusammenhang mit makroskopischen Eigenschaften. Leistungstests zeigen, dass die theoretische Verschleißrate von WC6Co 0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$ beträgt, wodurch es sich für hochpräzise verschleißfeste Anwendungen eignet, während die theoretische Verschleißrate von WC20Co 0,08 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$ beträgt, wodurch es sich besser für Hochleistungszerspanungsbedingungen eignet, die eine hohe Zähigkeit erfordern.

10.1.1.3 Analyse der Einflussfaktoren

Die Genauigkeit und Praktikabilität der Hartmetallklassifizierung wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und muss durch systematische Analysen optimiert werden. Zu diesen Faktoren gehören Materialzusammensetzung, Mikrostruktur, Prozessparameter, Prüfbedingungen, Umgebungsbedingungen und Nachbearbeitungsprozess, die im Folgenden ausführlich erläutert werden:

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

Abweichung der Zusammensetzung

Die theoretische Schwankung des Co-Gehalts der Bindungsphase von ±1 % ±0,1 % führt zu einer Änderung der Härte um einen theoretischen Wert von ±50. Wenn der TiC- Gehalt den theoretischen Wert von 10 % ±0,1 % überschreitet, ist die Bruchzähigkeit K_{1c} theoretisch um 10±2 % sinkt , während ein VC-Gehalt von mehr als 0,5±0,01 % zu übermäßig feinen Körnern (theoretischer Wert <0,3 μm±0,01 μm) führen kann, wodurch die Verarbeitungssprödigkeit theoretisch um 5±1 % zunimmt. Darüber hinaus kann ein TaC- Gehalt von mehr als 5±0,1 % die Hochtemperaturhärte theoretisch um 10±2 % erhöhen, erhöht aber auch die Produktionskosten um etwa 15±3 %.

Körnung

Der theoretische Korngrößenbereich liegt bei 0,5–1 μm ± 0,01 μm . Dies kann die Härte deutlich erhöhen (theoretischer Wert > HV 1800 ± 30) und den Verschleiß reduzieren (theoretischer Wert < 0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$). Übersteigt die Korngröße jedoch 5 μm ± 0,01 μm , erhöht sich die Verschleißfestigkeit theoretisch um 20 % ± 3 %, und die Zähigkeit (K_{1c}) nimmt zu. erhöht sich theoretisch um 15 % ± 2 %), aber die Oberflächengüte nimmt theoretisch ab (Ra > 0,8 μm ± 0,1 μm). Obwohl Nanokörner (theoretischer Wert < 0,2 μm ± 0,01 μm) die Härte auf einen theoretischen Wert > HV 2000 ± 50 erhöhen können, besteht die Gefahr eines abnormalen Kornwachstums (theoretische Wahrscheinlichkeit > 5 % ± 1 %) und die Sintertemperatur muss innerhalb des theoretischen Werts < 1350 °C ± 10 °C gehalten werden.

Testbedingungen

Eine theoretische Belastung von 10 kg ± 0,1 kg beeinflusst den theoretischen Wert der Härtetestabweichung < ± 30, wenn die Testgeschwindigkeit 0,1 m/s ± 0,01 m/s überschreitet, erhöht sich die Verschleißrate theoretisch um 5 % ± 1 %, und die Umgebungsfeuchtigkeit überschreitet 50 % ± 5 %, was die Korrosionsstromdichte i verursacht $_{korr}$ Die theoretische Härte kann um 10 % ± 2 % ansteigen. Wenn die Prüftemperatur 200 °C ± 10 °C überschreitet, kann es zu einer thermischen Erweichung des Materials kommen (die theoretische Härte verringert sich um 5 % ± 1 %). Diese Bedingungen müssen standardisiert werden, um die Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse zu gewährleisten.

Sinterprozess

Bei einer theoretischen Sintertemperatur von 1450 °C ± 10 °C erreicht die Materialdichte einen theoretischen Wert von > 99,5 % ± 0,1 % und bildet eine gleichmäßige Mikrostruktur. Überschreitet die Temperatur jedoch 1500 °C ± 10 °C, führt dies theoretisch zu einer Zunahme der Phasentrennung um 15 % ± 3 % und des Kornwachstums (theoretischer Wert > 10 μm ± 0,01 μm), wodurch die Härte um etwa 10 % ± 2 % reduziert wird. Ein Sinterdruck von über 30 MPa ± 2 MPa kann die Dichte theoretisch weiter verbessern (theoretischer Wert > 99,8 % ± 0,1 %), erhöht jedoch die Anlagenkosten um etwa 5 % ± 1 %. Eine Sinteratmosphäre (wie etwa Ar oder H_2) kann die Oxidation theoretisch verringern (theoretischer Wert des Sauerstoffgehalts <0,01 % ± 0,001 %), andernfalls verringert sich die Korrosionsbeständigkeit theoretisch um 20 % ± 3 %.

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

Zusatzstoff

Cr_3C_2 können die Korrosionsbeständigkeit um 40 % ± 5 % verbessern und die Körner verfeinern (theoretischer Wert < 1 μm ± 0,01 μm), wenn der Wert jedoch 1 % ± 0,01 % übersteigt, verringert sich die Bruchzähigkeit K_{1c} theoretisch um 10 % ± 2 %; die theoretische Zugabe von VC von 0,2 % ± 0,01 % kann die Körner verfeinern (theoretischer Wert < 0,5 μm ± 0,01 μm) und die Härte um 10 % ± 2 % verbessern, wenn der Wert jedoch 0,5 % ± 0,01 % übersteigt, wird theoretisch eine Ausfällung der Sekundärphase herbeigeführt (theoretischer Wert > 2 % ± 0,5 %) und die Zähigkeit um etwa 5 % ± 1 % verringert. Die theoretische Zugabe von 2 % ± 0,1 % TaC kann die Hochtemperaturhärte verbessern (theoretischer Wert > HV 1900 ± 30), erhöht jedoch den Wärmeausdehnungskoeffizienten (theoretische Erhöhung um 5 % ± 1 %), der dem Grundmaterial entsprechen muss.

Äußere Umgebung und Nutzungsbedingungen

Betriebstemperaturen über 800 °C ± 20 °C führen theoretisch zu einer Erweichung der Co-Phase (theoretische Abnahme der Härte um 15 % ± 2 %), saure Umgebungen (theoretischer pH-Wert < 4 ± 0,5) erhöhen theoretisch die Korrosionsstromdichte i_corr um 30 % ± 5 % und die Wahrscheinlichkeit der Mikrorissbildung liegt theoretisch über 10 % ± 2 %, wenn die Stoßbelastung 500 J ± 50 J übersteigt. Diese Faktoren erfordern, dass das Klassifizierungssystem die Vorhersage der Lebensdauer (theoretischer Wert > 5000 Stunden ± 500 Stunden) und die Analyse potenzieller Ausfallmodi berücksichtigt .

Nachbearbeitung

Durch Schleifen kann die Oberflächenrauheit theoretisch auf Ra <0,2 μm ± 0,05 μm verringert werden , es entstehen jedoch Restspannungen (theoretischer Wert > 200 MPa ± 20 MPa). Eine Beschichtung (wie etwa TiN) kann die Verschleißfestigkeit theoretisch um 30 % ± 5 % verbessern, die Wahrscheinlichkeit des Ablösens unter hoher Belastung liegt jedoch theoretisch bei über 5 % ± 1 %. Eine Wärmebehandlung (wie etwa Niedertemperaturglühen bei 600 °C ± 10 °C) kann die Spannung theoretisch um 20 % ± 3 % abbauen, die Härte wird jedoch theoretisch leicht um <5 % ± 1 % verringert.

Beispielsweise wird WC10Co als hochhart bis mittelhart eingestuft, da seine Korngröße theoretisch 5 μm ± 0,01 μm überschreitet und seine Härte theoretisch auf HV 1500 ± 30 sinkt; WC10Ni mit einem theoretischen TiC- Zusatz von 15 % ± 0,1 % wird aufgrund seiner unzureichenden Bruchzähigkeit (theoretischer Wert K_{1c} ~ 8 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5) eher als verschleißfest und leitfähig denn als hochzäh eingestuft . Die umfassende Analyse dieser Faktoren gewährleistet die Wissenschaftlichkeit und Praktikabilität des Klassifizierungssystems und ermöglicht dessen Anpassung an komplexe Arbeitsbedingungen und vielfältige Marktanforderungen.

10.1.1.4 Industrieller Wert und technische Anwendung

Wirtschaftlichkeit und Ressourcenoptimierung

Die Klassifizierung von Hartmetall optimiert die Ressourcennutzung und den wirtschaftlichen Nutzen in der Industrie erheblich. Durch wissenschaftliche Klassifizierungsmethoden kann der

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

Materialabfall theoretisch auf <2 % ± 0,5 % begrenzt, die Produktionskosten um etwa 10 % ± 2 % gesenkt und die Produktqualifizierungsrate auf >99 % ± 1 % erhöht werden. Beispielsweise weist WC6Co, ein Werkstoff für Schneidwerkzeuge in der Luft- und Raumfahrt, eine theoretische Materialausnutzungsrate von bis zu 98 % ± 1 % auf, wodurch die durch Leistungsinkonsistenz verursachte Ausschussrate (theoretischer Wert <1 % ± 0,5 %) effektiv reduziert wird. Im Bergbau optimiert WC20Co aufgrund seiner hohen Zähigkeit und Schlagfestigkeit (theoretischer Wert K_{IC} > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, Schlagfestigkeit > 10^6-mal ± 10^5- mal) die Lebensdauer von Bohrern (theoretischer Wert > 5000 Std. ± 500 Std.) , wodurch Austauschhäufigkeit und Wartungskosten theoretisch um etwa 8±2 % reduziert werden. In der Elektronikfertigung wird WC10Ni aufgrund seiner Leitfähigkeit (theoretischer Widerstand 11 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm , Kontaktwiderstand < 0,1 mΩ ± 0,01 mΩ) durch Klassifizierung und Ausrichtung hergestellt, wodurch redundante Verarbeitungsverbindungen reduziert und der Energieverbrauch theoretisch um etwa 5±1 % gesenkt wird. Diese wirtschaftlichen Vorteile sind auf die präzise Kontrolle der Rohstoffverhältnisse und Prozessparameter durch das Klassifizierungssystem zurückzuführen, wodurch die stabile Produktion von Produkten mit hoher Wertschöpfung sichergestellt wird.

Anwendungsbeispiele im Ingenieurwesen

Werkzeuge für die Luft- und Raumfahrt

WC6Co (theoretische Härte HV 1800±30, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) wird aufgrund seiner hohen Härte und Verschleißfestigkeit (theoretische Verschleißrate <0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) als hochhart eingestuft und eignet sich zum Präzisionsschneiden von Titanlegierungen und Hochtemperaturlegierungen. Seine theoretische Schnittlebensdauer beträgt über 5000 ±500 Stunden und übertrifft damit herkömmliche Werkzeugstähle (theoretische Lebensdauer <1000 ±200 Stunden) bei weitem. Die Feinkornstruktur (theoretischer Wert <1 μm±0,01 μm) ermöglicht das Drehen ultradünnwandiger Teile, und die theoretische geometrische Genauigkeit beträgt <10 μm±1 μm und entspricht damit den Luftfahrtstandards.

Bergbaubohrer

WC20Co (theoretische Bruchzähigkeit K_{IC}~20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, Korngröße 2 μm±0,01 μm) wird aufgrund seiner hohen Zähigkeit und Schlagzähigkeit (theoretische Schlagzähigkeit > 10^6-fach ± 10^5-fach, Verschleißrate 0,08 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) als hochzäh eingestuft und häufig beim Gesteinsbohren verwendet. Die theoretische kontinuierliche Betriebslebensdauer übersteigt 6000 Stunden ± 500 Stunden, und die grobkörnige Struktur und die TaC- Zugabe (theoretischer Wert 2 % ± 0,1 %) verbessern die Hochtemperaturhärte (theoretischer Wert > HV 1900 ± 30), sodass es für Tiefbrunnenumgebungen geeignet ist.

Ansprechpartner für die Elektronikfertigung

WC10Ni (theoretischer Widerstand 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm , Kontaktwiderstand <0,1 mΩ±0,01 mΩ) wird aufgrund seiner Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit (theoretischer Wert i_{corr} <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A/cm²) als leitfähig eingestuft und eignet sich für Ladeschnittstellen und Hochspannungsschalter. Theoretische Maßgenauigkeit <1 μm±0,1 μm , Betrieb 5000 Stunden±500

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

Stunden, Widerstandsänderung <1%±0,5%.

Automobilindustrie

WC8Co (theoretische Härte HV 1600±30, Verschleißfestigkeit 0,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$) wird als mittelhart eingestuft und für Zylinderlaufbuchsen und Kolbenringe verwendet. Die theoretische Lebensdauer beträgt 4000 Stunden ±400 Stunden, die Oberflächenrauheit Ra<0,3 µm±0,05 µm und MoS_2 (theoretischer Wert 0,3%±0,01%) verbessert die Selbstschmierfähigkeit.

Energieausrüstung

WC15Co (theoretischer K_{1c} ~18 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5, Gewichtsverlust durch Korrosionsbeständigkeit <0,1 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2) wird als hochzäh und korrosionsbeständig eingestuft und eignet sich für Formen zur Ölförderung und für Windkraftanlagen. Theoretische Lebensdauer > 5000 Stunden ± 500 Stunden, Cr_3C_2 (theoretischer Wert 0,5 % ± 0,01 %) verbessert die Korrosionsbeständigkeit gegenüber Meerwasser.

Medizinische Geräte

WC5Co (theoretische Härte HV 1900±30, Korngröße 0,3 µm±0,01 µm) wird als ultrahochhart eingestuft und eignet sich für chirurgische Messer und Zahnbohrer. Theoretische Lebensdauer >3000 Stunden±300 Stunden, Genauigkeit <5 µm±0,5 µm .

Landesverteidigung und Militär

WC12Co (theoretischer K_{1c} ~ 16 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) wird als hochschlagzäh eingestuft und eignet sich für panzerbrechende Geschosse. Theoretische Durchschlagskraft >95%±2%, Lebensdauer > 10^4 ± 10^3 .

Intelligente Fertigung und nachhaltige Entwicklung

Mit der Weiterentwicklung der intelligenten Fertigung im Jahr 2025 integriert das Klassifizierungssystem KI-Technologie, prognostiziert die Leistung anhand historischer Daten (theoretische Genauigkeit > 90 % ± 2 %), optimiert Prozesse (z. B. Sintertemperatur 1450 °C ± 10 °C) und verbessert die Effizienz um 15 % ± 2 %. Nachhaltige Entwicklung reduziert den Bergbaubedarf durch Recycling um 10 % ± 2 % (theoretische Rückgewinnungsrate > 90 % ± 2 %) und unterstützt die CO2-Neutralität (theoretische Emissionsreduzierung um 5 % ± 1 %) durch Prozesse mit niedrigem Energieverbrauch (theoretische Reduzierung des Energieverbrauchs um 5 % ± 1 %).

Zukünftige Trends und Herausforderungen

Die additive Fertigung erfordert eine Optimierung der Anisotropie der Schichtstruktur (theoretischer Wert < 5 % ± 1 %) und eine Echtzeitüberwachung des Kornwachstums (theoretische Auflösung < 0,1 µm ± 0,01 µm), um die Genauigkeit zu verbessern. Dies erhöht jedoch die Gerätekosten (theoretische Wertsteigerung um 5 % ± 1 %) und den Datenverarbeitungsaufwand (theoretische Wertsteigerung um 20 % ± 3 %). Internationale Normen (wie ISO 513, ASTM B276) sind angeglichen, um die globale Kompatibilität zu verbessern (theoretischer Wert > 95 % ± 2 %).

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

10.1.2 Entwicklung und Standardisierung von Klassifikationsmethoden

Die Klassifizierungsmethode für Hartmetall hat einen tiefgreifenden Wandel durchlaufen: von der Einkomponentenorientierung in den 1950er Jahren zur mehrdimensionalen Funktionsorientierung im 21. Jahrhundert. Dieser Entwicklungsprozess ist nicht nur ein Mikrokosmos des Fortschritts in Materialwissenschaft und Ingenieurtechnik, sondern spiegelt auch die Vielfalt und Komplexität industrieller Anwendungsanforderungen wider. In diesem Abschnitt werden die Entwicklung der Klassifizierungsmethode und ihr Anwendungswert in der modernen Industrie systematisch aus vier Blickwinkeln untersucht: ein Überblick über die Entwicklung der Klassifizierungsmethode und den technologischen Fortschritt, eine Analyse der treibenden Faktoren, die Entwicklung der Mechanismen sowie die Überprüfung internationaler Standards und Fälle. Die Entwicklung der Klassifizierungsmethode verbessert nicht nur die Übereinstimmungsgenauigkeit von Materialien und Anwendungen (theoretischer Wert > 95 % ± 2 %), sondern legt auch den Grundstein für eine länderübergreifende standardisierte Produktion und Leistungsoptimierung.

10.1.2.1 Überblick über die Entwicklung der Klassifizierungsmethoden und den technologischen Fortschritt

Die Ursprünge der Klassifizierung von Hartmetall reichen bis in die 1950er Jahre zurück. Die damalige Klassifizierungsmethode basierte hauptsächlich auf der chemischen Zusammensetzung und konzentrierte sich auf den Kobaltanteil (Co) im WCCo- System (z. B. 5–30 % ± 1 %). Eine repräsentative Klassifizierung aus dieser Zeit verwendete WC10Co als Beispiel. Dabei wurde der Co-Gehalt lediglich angepasst, um Härte und Zähigkeit zu unterscheiden. Die Einschränkung bestand jedoch darin, dass der Einfluss der Mikrostruktur (z. B. der theoretische Korngrößenbereich von 0,5–10 μm ± 0,01 μm) und der funktionellen Eigenschaften (z. B. theoretischer Wert der Verschleißfestigkeit < 0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, theoretischer Wert der Leitfähigkeit < 12 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm) auf die Leistung außer Acht gelassen wurde. Dies führte zu einer theoretischen Klassifizierungsgenauigkeit von lediglich < 80 % ± 5 %. Diese Methode entsprach den Anforderungen an grundlegende Schneidwerkzeuge der damaligen Zeit, doch mit der Entwicklung der Industrietechnologie offenbarte sich ihre Unzulänglichkeit aufgrund ihrer Einzigartigkeit und konnte komplexen Arbeitsbedingungen und vielfältigen Anwendungen nicht gerecht werden.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts hat sich die Klassifizierungsmethode für Hartmetall schrittweise zu einem mehrdimensionalen System entwickelt, das chemische Zusammensetzung, Mikrostruktur und funktionelle Eigenschaften umfassend berücksichtigt. Dieser Wandel ist auf die Einführung moderner Charakterisierungstechniken und Datenanalysemethoden zurückzuführen. So ermöglicht beispielsweise die Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit einer theoretischen Auflösung von <0,1 ± 0,01 μm eine genaue Beobachtung der Korngröße und Phasenverteilung , und ein Vibrationsmagnetometer (VSM) misst die magnetischen Eigenschaften der Co-Phase mit einer theoretischen Genauigkeit von ± 0,1 emu/g. Diese Technologien bieten eine verlässliche Grundlage für die Mikrostrukturanalyse. Darüber hinaus verwendet die Hauptkomponentenanalyse (PCA)

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

einen theoretischen Korrelationskoeffizienten von >0,9 ± 0,05 als statistisches Instrument, um die wichtigsten Beziehungen zwischen mehreren Variablen zu extrahieren, während die Datenbankmodellierungstechnologie die Leistungsvorhersage durch Integration einer großen Menge experimenteller Daten optimiert (theoretischer Fehler < 5 % ± 1 %). Der wesentliche Fortschritt moderner Klassifizierungsmethoden liegt in der Verbesserung der theoretischen Klassifizierungsgenauigkeit auf >95 % ± 2 %. Dadurch können die Leistungsmerkmale von Materialien umfassender abgebildet und die Anforderungen eines breiten Anwendungsspektrums – von traditionellen Schneidwerkzeugen über elektronische Komponenten bis hin zu biomedizinischen Implantaten – erfüllt werden. Dieser technologische Fortschritt verbessert nicht nur den wissenschaftlichen Charakter der Klassifizierung, sondern bietet auch technische Unterstützung für intelligentes Design und Prozessoptimierung.

10.1.2.2 Treiber der Evolution von Klassifikationsmethoden

Die Entwicklung von Klassifizierungsmethoden für Hartmetall wird von mehreren Faktoren vorangetrieben, die zusammen zum Übergang von der statischen Zusammensetzungsklassifizierung zur dynamischen Funktionsoptimierung beigetragen haben.

Materialkomplexität

Das traditionelle WCCo- Binärsystem hat sich aufgrund seiner Einschränkungen sukzessive zu einem mehrphasigen Verbundsystem entwickelt. Neue Legierungen wie WC10TiC10Ni entstanden durch die Einführung von Elementen wie Titancarbid (TiC , theoretischer Zugabebereich 5–10 % ± 0,1 %) und Nickel (Ni, theoretischer Zugabebereich 8–12 % ± 1 %). Diese Materialkomplexität erhöht Leistungsvariablen wie die synergistischen Effekte von Härte, Verschleißfestigkeit und Leitfähigkeit. Herkömmliche Klassifizierungsmethoden können diese Veränderungen nur schwer präzise abbilden, sodass ein komplexeres mehrdimensionales Klassifizierungssystem erforderlich ist, um sie zu berücksichtigen.

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Die Anwendungsgebiete von Hartmetall haben sich von herkömmlichen Metallschneidwerkzeugen (theoretische Härte > HV 1800 ± 30) auf die Elektronikfertigung (theoretischer Widerstand < 12 μΩ·cm ± 0,1 μΩ·cm), die Biomedizin (theoretische Biokompatibilität > 95 % ± 2 %), Energieanlagen sowie die Landesverteidigung und das Militär ausgeweitet. Verschiedene Branchen stellen deutlich unterschiedliche Anforderungen an die Materialeigenschaften. So sind beispielsweise in der Luft- und Raumfahrt hohe Härte und Präzision gefragt, während in der Biomedizin Biokompatibilität und Korrosionsbeständigkeit stärker im Vordergrund stehen. Diese Diversifizierung der Anwendungen hat dazu geführt, dass sich das Klassifizierungssystem von einer reinen Leistungsorientierung zu einer multifunktionalen, umfassenden Bewertung verlagert hat, um den spezifischen Anforderungen verschiedener Branchen gerecht zu werden.

Technologischer Fortschritt

Die rasante Entwicklung von Charakterisierungs- und Prüftechnologien bildet eine solide

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

Grundlage für innovative Klassifizierungsmethoden. Internationale Normen wie ASTM G65 und ASTM G59 regeln Verschleißfestigkeits- und Korrosionsbeständigkeitsprüfungen und liefern quantifizierbare Leistungsindikatoren. Rasterelektronenmikroskopie (REM) und energiedispersive Spektroskopie (EDS) ermöglichen Feinanalysen von Mikrostrukturen mit einer theoretischen Auflösung von <0,1 μm ± 0,01 μm . Das Vibrationsmagnetometer (VSM) quantifiziert magnetische Eigenschaften mit einer theoretischen Genauigkeit von ± 0,1 emu/g. Diese technologischen Fortschritte haben die Datengenauigkeit und -wiederholbarkeit deutlich verbessert, unterstützen multivariate Analysen und Datenbankmodellierung und fördern so die Modernisierung von Klassifizierungsmethoden.

Das Zusammenspiel dieser treibenden Faktoren hat dazu geführt, dass sich der Klassifizierungsansatz von der statischen Komponentenaufteilung hin zu einer dynamischen Funktionsoptimierung verlagert hat und sich so an die wachsende Nachfrage nach Hochleistungsmaterialien in der modernen Industrie anpasst.

10.1.2.3 Mechanismusentwicklung

Die Entwicklung des Klassifizierungsmechanismus für Hartmetall spiegelt den Übergang von der einfachen empirischen Beurteilung zur wissenschaftlich-theoretischen Anleitung wider. Dieser Prozess kann in zwei Phasen unterteilt werden: den frühen Mechanismus und den modernen Mechanismus.

Früher Mechanismus

In den 1950er Jahren basierte die Klassifizierung der Hartmetall-Leistungsklassen hauptsächlich auf dem Co-Gehalt. Legierungen mit niedrigem Co-Gehalt (theoretischer Bereich 5–10 % ± 1 %) haben eine theoretische Härte von >HV 1800 ± 30, was sich für hochpräzise Schneidwerkzeuge, beispielsweise für die Bearbeitung von Teilen in der Luft- und Raumfahrt, eignet und eine theoretische Lebensdauer von Tausenden von Stunden erreichen kann. Legierungen mit mittlerem Co-Gehalt (theoretischer Bereich 10–20 % ± 1 %) haben eine theoretische Bruchzähigkeit von K_{1c}. zwischen 12–15 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5, was für Formen und Stanzteile geeignet ist, und der theoretische Wert der Schlagzähigkeit beträgt $>10^6$ ± 10^5-mal; Legierungen mit hohem Co-Gehalt (theoretischer Bereich 20–30 % ± 1 %) haben eine theoretische Bruchzähigkeit K_{1c} > 15 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5, was für Bohrkronen im Bergbau geeignet ist, und der theoretische Wert der Schlagzähigkeit beträgt ebenfalls $>10^6$ ± 10^5-mal. Allerdings beruht diese Methode nur auf dem Co-Verhältnis und ignoriert die Auswirkungen der Korngröße (theoretischer Bereich 0,5–10 μm ± 0,01 μm) und der Zusatzstoffe (wie Cr_3C_2, theoretischer Wert 0,5 % ± 0,01 %) auf die Leistung. Dies führt zu einem theoretischen Klassifizierungsfehler von bis zu 20 % ± 5 %, wodurch es schwierig wird, die genauen Anforderungen unter komplexen Arbeitsbedingungen zu erfüllen.

Moderner Mechanismus

Der moderne Klassifizierungsmechanismus führt eine mehrdimensionale Bewertung von Mikrostruktur, Leistung und Funktion ein, wodurch die Wissenschaftlichkeit und Anwendbarkeit

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

der Klassifizierung erheblich verbessert wird. Insbesondere entsprechen mikrostrukturelle Parameter wie eine Korngröße von 0,5 μm ± 0,01 μm einer hohen Härte (theoretischer Wert > HV 1800 ± 30), während eine Korngröße von > 5 μm ± 0,01 μm einer hohen Zähigkeit entspricht (theoretischer Wert K_{Ic} > 15 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5); zu den Leistungsindikatoren zählen Verschleißfestigkeit (theoretischer Wert basierend auf Standard ASTM G65 <0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), Korrosionsbeständigkeit (theoretischer Wert basierend auf Standard ASTM G59 i_corr <10^{-6} A/ cm² ± 10^{-7} A/cm²); zu den Funktionseigenschaften zählen Leitfähigkeit (theoretischer Wert spezifischer Widerstand <12 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm) und Selbstschmierfähigkeit (theoretischer Wert Reibungskoeffizient <0,2±0,01, erreicht durch MoS_2-Dotierung). Beispielsweise zeigt die SEM-Analyse, dass die theoretische Korngrenzendichte von WC6Co >10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2} beträgt, die Korngröße 0,5 μm±0,01 μm beträgt und die theoretische Härte HV 1800±30 erreicht; die theoretische Korngröße von WC20Co beträgt 5 μm±0,01 μm , die Korngrenzendichte ist niedrig und die theoretische Bruchzähigkeit K_{1c}~20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. Darüber hinaus kann die Zugabe von TiC (theoretischer Wert 10 % ± 0,1 %) die Härte theoretisch um 10 % ± 2 % erhöhen, verringert jedoch theoretisch die Bruchzähigkeit K_{Ic} um 10 % ± 2 %, was darauf hindeutet, dass eine funktionsorientierte Klassifizierung (wie z. B. verschleißfeste und leitfähige Klassifizierung) besser ist als eine Klassifizierung nach Einzelkomponenten. Die Datenbankanalyse basiert auf >10^4 experimentellen Daten, und der theoretische Korrelationskoeffizient beträgt >0,95 ± 0,02, was die Zuverlässigkeit moderner Mechanismen bestätigt.

10.1.2.4 Internationale Standards und Fallstudien

Internationale Normen bieten einen einheitlichen Rahmen für die Klassifizierung von Hartmetall und gewährleisten so eine einheitliche grenzüberschreitende Produktion und Anwendungssicherheit. ISO 513 und ASTM B276 sind zwei Kernnormen. ISO 513 klassifiziert nach Verarbeitungsobjekten und Anwendungsszenarien, während ASTM B276 sich auf Leistungstests und quantitative Indikatoren konzentriert. Am Beispiel von WC10TiC10Ni: Seine theoretische Härte HV 1650±30, sein spezifischer Widerstand 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm und seine Verschleißfestigkeit 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m lassen es herkömmliches WC10Co übertreffen (theoretische Genauigkeit 80 %±5 %) und als verschleißfest und leitfähig klassifiziert werden, geeignet für elektronische Kontakte (theoretischer Kontaktwiderstand <0,1 mΩ±0,01 mΩ) und Schneiden bei geringer Last (theoretische Lebensdauer >4000 Stunden ±400 Stunden). Im Gegensatz dazu berücksichtigt herkömmliches WC10Co nur den Co-Gehalt (theoretischer Wert 10 %±1 %), spiegelt nicht die synergetische Wirkung von TiC und Ni wider und hat eine geringe Klassifizierungsgenauigkeit. Durch die Kombination aus historischer Entwicklung, theoretischer Analyse und Fallüberprüfung haben moderne Klassifizierungsmethoden die Anwendungseffizienz und -zuverlässigkeit deutlich verbessert.

10.1.3 Internationale Normen (ISO, ASTM) und Branchenpraktiken

Die Standardisierung der Hartmetallklassifizierung ist ein Schlüsselfaktor für die globale industrielle Zusammenarbeit und Qualitätskontrolle. Internationale Normen (wie ISO 513, ASTM B276) und Branchenpraktiken bilden zusammen den normativen Rahmen des Klassifizierungssystems. Diese Normen und Praktiken gewährleisten die Konsistenz (theoretischer

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

Wert > 95 % ± 2 %) und Anwendungssicherheit (theoretische Qualifikationsrate > 99 % ± 1 %) von Hartmetall in der transnationalen Produktion durch einheitliche technische Spezifikationen und bieten Orientierung für Leistungsoptimierung und innovative Anwendungen. In diesem Abschnitt werden die Rolle internationaler Normen und Branchenpraktiken sowie ihre praktische Anwendung aus drei Blickwinkeln detailliert erläutert: Klassifizierungsprinzipien und technischer Überblick, Mechanismus und Analyse sowie Analyse der Einflussfaktoren.

10.1.3.1 Klassifizierungsprinzipien und technischer Überblick

Die internationalen Normen ISO 513 und ASTM B276 bieten wissenschaftliche Grundlagen und Verfahrensrichtlinien für die Klassifizierung von Hartmetall. ISO 513 klassifiziert Hartmetall hauptsächlich nach seinen Anwendungsbereichen und umfasst die Schneidverarbeitung (wie Stahl, Gusseisen, Nichteisenmetalle), den Bergbau und verschleißfeste Teile und erreicht die Abstimmung von Materialien und Arbeitsbedingungen durch die Definition verschiedener Güteklassen (wie Serien K, P, M). ASTM B276 konzentriert sich auf Leistungsteststandards und spezifiziert detailliert die Messmethoden für Härte, Verschleißrate und Bruchzähigkeit und bietet so eine quantitative Grundlage für die Klassifizierung. Darüber hinaus werden Branchenpraktiken innerhalb des Standardrahmens ergänzt, basierend auf der regionalen Marktnachfrage und praktischen Erfahrungen. Beispielsweise bevorzugt die europäische Industrie Materialien mit hoher Härte (theoretischer Wert > HV 1800 ± 30), während die US-Industrie mehr Wert auf Materialien mit hoher Zähigkeit (theoretischer Wert $K_{1}c$ > 15 MPa·m ^{1} / ^{2} ± 0,5) legt, um sich an verschiedene Anwendungsszenarien anzupassen. Das gemeinsame Ziel dieser Standards und Verfahren besteht darin, den theoretischen Wert des Klassifizierungsfehlers auf <5 % ± 1 % zu begrenzen und den theoretischen Wert der Anwendungsübereinstimmungsrate auf >95 % ± 2 % zu gewährleisten und dadurch die Stabilität der globalen Lieferkette zu unterstützen und die Produktqualität zu verbessern.

Das Prüfnormsystem zur Klassifizierung von Hartmetall umfasst folgende Kerninhalte:

ISO 513

Zu den Werkzeugklassifizierungsstandards gehören die K-Serie (Gusseisen, Nichteisenmetalle, theoretische Härte > HV 1800±30, theoretische Korngröße <1 μm±0,01 μm), die P-Serie (Stahl, theoretische Bruchzähigkeit **ISO 513**

10–15 MPa·m^{1} /^{2} ± 0,5, theoretischer Wert des Co-Gehalts 10–15 % ± 1 %), M-Serie (Mehrzweck, theoretische Verschleißrate <0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m). Diese Norm leitet die Materialauswahl durch die Sortenklassifizierung.

ASTM B276

Der Leistungsteststandard von Hartmetall spezifiziert den Vickers-Härtetestbereich HV 800-2000±30 (theoretischer Lastwert 10 kg±0,1 kg), den Verschleißratentest (ASTM G65, theoretischer Wert <0,06 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m), den Bruchzähigkeitstest (theoretischer Bereich **ISO 513**

8-20 MPa·m^{1} /^{2} ± 0,5).

ASTM E92

Härteprüfnormal nach Vickers, theoretische Prüfgenauigkeit ±30, gewährleistet die Vergleichbarkeit

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

von Härteangaben.

ASTM G59

Korrosionsverhaltensprüfnorm, theoretische Korrosionsstromdichte $i_{korr} < 10^{-6}$ A/cm² ± 10^{-7} A/cm², wird zur Bewertung der Korrosionsbeständigkeit verwendet.

Beispielsweise wird WC6Co nach ISO 513 als K10 mit einer theoretischen Härte von HV 1800±30 und einer theoretischen Korngröße von 0,5 μm±0,01 μm klassifiziert, was zum Schneiden von Stahl geeignet ist. ASTM B276 bestätigt durch Tests eine theoretische Verschleißrate von 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m und belegt damit seine hohe Verschleißfestigkeit. In der Industrie wird für Luftfahrtwerkzeuge die Güteklasse K05 (theoretische Korngröße <0,5 μm±0,01 μm) bevorzugt, um eine hohe Präzision zu gewährleisten, und für Bergbaubohrer wird die Güteklasse C2 (theoretischer Co-Gehalt >20 %±1 %) zur Verbesserung der Zähigkeit bevorzugt.

10.1.3.2 Klassifizierungsmechanismus und Analyse

Internationale Standards und Branchenpraktiken haben das Leistungsbewertungssystem von Hartmetall durch verschiedene Klassifizierungsmechanismen und Analysemethoden gemeinsam verbessert.

ISO 513-Klassifizierungsmechanismus

Der Standard wird nach Verarbeitungsobjekt und Leistungsanforderungen klassifiziert. Die K-Serie eignet sich für die Verarbeitung von Gusseisen und Nichteisenmetallen und legt Wert auf hohe Härte (theoretischer Wert > HV 1800 ± 30) und feine Kornstruktur (theoretischer Wert < 1 μm ± 0,01 μm), um den Anforderungen an hochpräzises Schneiden gerecht zu werden. Die P-Serie ist für die Stahlverarbeitung gedacht und konzentriert sich auf Bruchzähigkeit (theoretischer Wert K_{Ic} 10 – 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) und mittleren Co-Gehalt (theoretischer Wert 10 – 15 % ± 1 %), wodurch Härte und Zähigkeit ausgewogen sind. Die M-Serie ist für Mehrzweckanwendungen konzipiert und verfügt über eine theoretische Verschleißrate von < 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, die für komplexe Arbeitsbedingungen geeignet ist. Diese Klassifizierungen leiten die Auswahl und Optimierung von Materialien durch eine klare Anwendungsorientierung.

ASTM B276 Leistungsindikatoren

Die Norm definiert die quantitativen Leistungsparameter von Hartmetall, einschließlich der Vickershärte (theoretischer Bereich HV 800-2000±30, theoretischer Lastwert 10 kg±0,1 kg), der Verschleißrate (ASTM G65, theoretischer Wert <0,06 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, basierend auf Standardprobenprüfung) und der Bruchzähigkeit (theoretischer Bereich $K_{1C\ 8\text{-}20}$ MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5 , gemessen durch Bruchmechaniktest). Diese Indikatoren bieten einen einheitlichen Standard für die Leistungsbewertung und gewährleisten die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit der Testergebnisse.

Ergänzung zu Branchenpraktiken

In der Industrie werden die Standards üblicherweise an regionale Gegebenheiten angepasst. Die US-amerikanische C-Klasse (C1–C4) wird hauptsächlich nach ihrem Co-Gehalt (theoretischer Bereich

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

5–30 % ± 1 %) klassifiziert, wobei der Schwerpunkt auf der Zähigkeit liegt, um sie an schwere Beanspruchungsbedingungen anzupassen. In Europa wird mehr Wert auf Korngröße (theoretischer Bereich 0,5–5 μm ± 0,01 μm) und Härte gelegt, und es werden eher hochpräzise Anwendungen angeboten. Eine SEM-Analyse bestätigt, dass der theoretische Wert der Korngröße von K10 WC6Co 0,5 μm ± 0,01 μm und der theoretische Härtewert HV 1800 ± 30 beträgt. Der theoretische Wert der Korngröße von C2 WC20Co beträgt 5 μm ± 0,01 μm und der theoretische Wert der Bruchzähigkeit K_{1c} ~ 20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5. Die EDS-Analyse bestätigt außerdem die Gleichmäßigkeit der Komponentenverteilung (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) und der Leistungstestfehler wird auf <5 % ± 1 % kontrolliert.

Die Kombination von Normen und Konventionen reduziert Klassifizierungsfehler durch komplementäre Effekte. Beispielsweise wird WC10Ni (theoretischer Widerstand 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm) nicht von ISO 513 abgedeckt, da seine Leitfähigkeitsanforderungen die traditionelle Schneidklassifizierung übersteigen. Industriekonventionen klassifizieren es jedoch als leitfähig und wenden es auf elektronische Kontakte an (theoretische Lebensdauer > 10^6-mal ± 10^5-mal), was die Anpassungsfähigkeit der Klassifizierung deutlich verbessert.

10.1.3.3 Analyse der Einflussfaktoren

Die Anwendbarkeit internationaler Standards und Branchenpraktiken wird von vielen Faktoren beeinflusst, die im Klassifizierungsprozess umfassend berücksichtigt werden müssen, um die Wissenschaftlichkeit und Praktikabilität der Klassifizierung sicherzustellen.

Regionale Unterschiede

Industrielle Anforderungen und Prozesstraditionen in verschiedenen Regionen führen zu unterschiedlichen Klassifizierungspräferenzen. Die europäische Industrie bevorzugt die K-Reihe (theoretische Härte > HV 1800 ± 30), um Anforderungen an hochpräzises Schneiden und Oberflächengüte zu erfüllen. Die amerikanische Industrie bevorzugt die C-Reihe (theoretische Bruchzähigkeit K_{1c} > 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5), um hohe Zähigkeitsanforderungen, beispielsweise im Schwermaschinenbau und im Bergbau, zu erfüllen. Solche regionalen Unterschiede erfordern entsprechende Anpassungen der Normen und Verfahren, wenn diese global eingeführt werden sollen.

Testgenauigkeit

Die Kontrolle der Prüfbedingungen wirkt sich direkt auf die Genauigkeit der Klassifizierungsergebnisse aus. Die theoretische Genauigkeit der Vickers-Härteprüfung beträgt ±30, die theoretische Abweichung der Verschleißprüfung ±0,01 mm³/N·m und der theoretische Fehler der Korrosionsstromdichte ±10^{-7}A/cm² . Die Abweichung dieser Parameter muss auf < 5 % ± 1 % begrenzt werden, um die Datenzuverlässigkeit zu gewährleisten. Änderungen von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Belastung in der Prüfumgebung können zusätzliche Fehler verursachen, die durch standardisierte Abläufe vermieden werden müssen.

Materialkomplexität

Mit der Einführung von Additiven wie TiC (theoretischer Wert 5–10 % ± 0,1 %) und Ni

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

(theoretischer Wert 8–12 % ± 1 %) hat die Vielfalt der Materialeigenschaften zugenommen, was die Klassifizierung entsprechend erschwert. Verbundwerkstoffe können theoretisch zu einem Anstieg der Klassifizierungsfehler um 10 % ± 2 % führen, insbesondere bei der Bewertung der Funktionalität (wie Leitfähigkeit und Selbstschmierfähigkeit), was zusätzliche Prüfmethoden zur Korrektur erfordert.

Anwendungsszenario

Verschiedene Anwendungsszenarien stellen deutlich unterschiedliche Anforderungen an die Materialeigenschaften. Die Luft- und Raumfahrtindustrie bevorzugt eine feine Kornstruktur (theoretischer Wert <0,5 μm ± 0,01 μm), um hohe Präzision und geringe Oberflächenrauheit zu erreichen. Die Bergbauindustrie bevorzugt einen hohen Co-Gehalt (theoretischer Wert >20 % ± 1 %), um die Schlagfestigkeit zu verbessern. Diese unterschiedlichen Anforderungen erfordern ein flexibles Klassifizierungssystem, das sich an die spezifischen Arbeitsbedingungen anpassen lässt.

Standard-Updates

Bestehende Normen wie ISO 513 (die neueste Version wurde 2012 veröffentlicht) decken neu entstehende funktionale Hartmetalle (wie leitfähige und selbstschmierende Typen) nicht vollständig ab, was ihren Anwendungsbereich in gewissem Maße einschränkt. Branchenpraktiken haben diese Lücken durch praktische Erfahrungen geschlossen, beispielsweise durch die Klassifizierung von WC10Ni als leitfähig. Dies verbessert die Klassifizierungsgenauigkeit theoretisch um 15 % ± 3 %, erschwert aber auch die Abstimmung zwischen Normen und Praktiken.

WC10TiC10Ni beispielsweise weist eine komplexe Kombination von Eigenschaften auf (theoretische Härte HV 1650±30, spezifischer Widerstand 11 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm). Die Klassifizierungsgrenzen in ISO 513 sind jedoch unscharf und müssen anhand der Branchenpraxis weiter verfeinert werden. Die Verschleißfestigkeit und Leitfähigkeit wurden in der Praxis nachgewiesen, was die Anwendbarkeit in elektronischen Kontakten theoretisch verbessert und die Notwendigkeit der Kombination von Normen und Praxis unterstreicht.

10.2 Klassifizierung nach chemischer Zusammensetzung

Die Klassifizierung von Hartmetall nach chemischer Zusammensetzung basiert hauptsächlich auf der Hartphase (z. B. Wolframkarbid WC, Titankarbid TiC , Tantalkarbid TaC , theoretischer Gehaltsbereich 70–95 % ± 1 %) und der Bindephase (z. B. Kobalt Co, Nickel Ni, Molybdän Mo, theoretischer Gehaltsbereich 5–30 % ± 1 %), die die mechanischen Eigenschaften, die chemische Stabilität und das Hochtemperaturverhalten des Materials direkt bestimmt. Die Unterschiede in diesen chemischen Zusammensetzungen wirken sich erheblich auf Härte (theoretischer Bereich HV 800–2500 ± 30), Bruchzähigkeit (theoretischer Bereich K_{1c} $_{8–20}$ MPa $\cdot m^{1}$ $^{/2}$ ± 0,5), Korrosionsbeständigkeit (theoretischer Gewichtsverlust <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) und Hochtemperaturverhalten (theoretische Einsatztemperatur > 800 °C ± 10 °C) aus. Durch die präzise Kontrolle der chemischen Zusammensetzung können die Materialeigenschaften gezielt optimiert werden, um den Anforderungen verschiedener Industrieanwendungen gerecht zu werden, wie etwa Werkzeugen für die Luft- und Raumfahrt (theoretische Lebensdauer > 5000 Stunden ± 500 Stunden),

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

Werkzeugen für den Bergbau (theoretische Schlagfestigkeit > 10^6-mal ± 10^5-mal) und elektronischen Formen (theoretische Verarbeitungsgenauigkeit < 1 μm ± 0,1 μm) und anderen hochpräzisen Szenarien.

Die Vielfalt der chemischen Zusammensetzungen wird systematisch untersucht durch Phasendiagrammanalysen (z. B. beträgt die theoretische Liquidustemperatur des WCCo- Systems 1300 °C ± 10 °C), Bewertungen der thermodynamischen Stabilität (z. B. beträgt der theoretische Wert der Gibbs-Bildungsenergie ΔG_f von WC –40 kJ/mol ± 5 kJ/mol) und Techniken zur Charakterisierung der Mikrostruktur (z. B. Rasterelektronenmikroskopie SEM mit einer theoretischen Auflösung von < 0,1 μm ± 0,01 μm). Diese analytischen Methoden enthüllen nicht nur den inneren Zusammenhang zwischen Zusammensetzung und Leistung, sondern bieten auch theoretische Anleitungen für die Optimierung des Herstellungsprozesses. Beispielsweise hilft die Phasendiagrammanalyse dabei, die optimalen Temperatur- und Phasengleichgewichtsbedingungen während des Sinterns zu bestimmen, thermodynamische Berechnungen quantifizieren die Stabilität jeder Phase, während SEM und EDS (energiedispersive Spektroskopie) intuitive Hinweise auf Korngröße, Phasenverteilung und Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung liefern. Der Klassifizierungsprozess muss ein Gleichgewicht zwischen Leistung (z. B. Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit) und Kostenfaktoren anstreben, um die Einheit von wirtschaftlichem Nutzen und Anwendungsbedarf zu gewährleisten. Dieser Abschnitt beginnt mit vier Aspekten: Hartmetall auf Wolframkarbidbasis (WC-basiert), Hartmetall auf Titankarbidbasis (TiC -basiert), mehrphasige Hartmetalllegierungen und bindemittelfreies Hartmetall. Der tiefgreifende Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf Leistung und Anwendungsregulierungsmechanismus wird systematisch analysiert und das technische Anwendungspotenzial in der modernen Industrie erkundet.

10.2.1 Hartmetall auf Wolframkarbidbasis (WC-basiert)

Hartmetall auf Wolframkarbidbasis (WC-basiert) ist eine Art Hartmetall mit Wolframkarbid WC als Haupthartphase (theoretischer Gehalt 70–95 % ± 1 %), und seine mechanischen Eigenschaften und Funktionscharakteristika werden durch die Einführung einer Bindungsphase (wie Kobalt Co, Nickel Ni, Chrom Cr usw. mit einem theoretischen Gehalt von 5–30 % ± 1 %) reguliert. WC legt mit seiner ultrahohen Härte (theoretischer Wert > HV 2000 ± 50), hervorragenden Verschleißfestigkeit und chemischen Stabilität (theoretische Auflösungsrate < 10^{-8} g/cm² · h ± 10^{-9} g/cm² · h) den Grundstein für die grundlegende Leistungsfähigkeit des Materials. Die Bindephase verbessert durch Flüssigphasensintern die Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit des Materials (theoretischer Gewichtsverlust < 0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²). Diese Legierung findet breite Anwendung beim Schneiden (theoretische Härte HV 1800 ± 30), bei Bergbauwerkzeugen (theoretische Bruchzähigkeit K_{1c} > 15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) und in chemischen Geräten (hervorragende theoretisch Korrosionsbeständigkeit). Die Leistungsvielfalt ist auf die präzise Kontrolle der chemischen Zusammensetzung und Mikrostruktur zurückzuführen. Der Herstellungsprozess erfolgt hauptsächlich mittels Pulvermetallurgie. Die typische Sintertemperatur beträgt 1450 °C ± 10 °C, der Sinterdruck 50 MPa ± 1 MPa und die Korngrößen liegen theoretisch im Bereich von 0,5–5 μm

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

± 0,01 µm . Die Leistung wird durch Anpassung der Prozessparameter weiter unterteilt, um unterschiedliche Anforderungen von hoher Härte bis hoher Zähigkeit zu erfüllen.

In diesem Abschnitt liegt der Schwerpunkt auf der Wolfram-Kobalt- WCCo- Legierung. Der Einflussmechanismus ihres Bindungsphasenverhältnisses (6 % – 20 %) auf Leistung und Anwendung wird detailliert analysiert. Außerdem wird untersucht, wie durch die Optimierung der chemischen Zusammensetzung eine präzise Anpassung an technische Anwendungen erreicht werden kann.

10.2.1.1 WCCo- Legierung: Bindungsphasenverhältnis (6 % – 20 %) und Leistungskontrolle

10.2.1.1.1 Grundlegende Prinzipien und Technologieübersicht der Wolfram-Kobalt- WCCo-Legierung

Die Wolfram-Kobalt- WCCo- Legierung besteht aus Wolframkarbid WC (theoretischer Gehalt 70–94 % ± 1 %) als Hartphase und Kobalt Co (theoretischer Gehalt 6–20 % ± 1 %) als Bindephase. Sie wird durch Flüssigphasensintern in der Pulvermetallurgie hergestellt (theoretische Flüssigphasentemperatur ca. 1300 °C ± 10 °C). Während des Sinterprozesses schmilzt Co bei hohen Temperaturen zu einer Flüssigphase, benetzt und verteilt sich zwischen WC-Partikeln und bildet ein kontinuierliches Co-Netzwerk (theoretischer Volumenanteil > 95 % ± 2 %), wodurch die Hartphase fest verbunden wird. Dieser Strukturaufbau reguliert wirksam die Härte (theoretischer Bereich HV 1300–1800 ± 30), Bruchzähigkeit (theoretischer Bereich K_{1c} $_{8–20}$ MPa ·m¹ /² ± 0,5) und Verschleißfestigkeit (theoretische Verschleißrate <0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) des Materials. Die Änderung des Co-Gehalts ist der Kern der Leistungsregulierung: Ein niedrigerer Co-Gehalt (z. B. 6 % ± 1 %) hat die Verbesserung der Härte im Vordergrund und eignet sich für hochpräzise Schneidwerkzeuge; ein höherer Co-Gehalt (z. B. 20 % ± 1 %) verbessert die Zähigkeit und passt sich hohen Belastungen und Aufprallbedingungen an. Der Herstellungsprozess der Legierung umfasst das Mischen, Pressen und Sintern der Rohstoffe. Die theoretische Sintertemperatur wird auf 1450 °C ± 10 °C geregelt und der Druck beträgt 50 MPa ± 1 MPa, um die Verdichtung und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur sicherzustellen.

Die Zielanwendungsbereiche der WCCo- Legierung umfassen Hochleistungsszenarien wie Schneidwerkzeuge (theoretische Lebensdauer > 5.000 Stunden ± 500 Stunden), Stanzwerkzeuge (theoretische Schlagfestigkeit > 10^6-fach ± 10^5-fach), Bergbaubohrer und verschleißfeste Teile. Zur Überprüfung der Leistung werden international standardisierte Testmethoden für eine umfassende Bewertung herangezogen, darunter die Vickers-Härteprüfung (ASTM E92, theoretische Belastung 10 kg ± 0,1 kg, Genauigkeit ± 30), die Bruchzähigkeitsprüfung (ISO 28079, theoretische Genauigkeit ± 0,5 MPa·m¹ / ²) und die Verschleißfestigkeitsprüfung (ASTM G65, theoretische Genauigkeit ± 0,01 mm³/N·m). Diese Testmethoden liefern quantifizierbare Leistungsdaten und bilden eine wissenschaftliche Grundlage für die Klassifizierung und Anwendungsanpassung. Beispielsweise hat WC6Co (theoretische Korngröße 0,5 µm ± 0,01 µm) eine theoretische Härte von HV 1800 ± 30 und einen theoretischen Bruchzähigkeitswert K_{1c} von 10 MPa·m¹ /² ± 0,5, was für

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

Hochgeschwindigkeitsschneiden und Präzisionsbearbeitung geeignet ist; WC20Co hat eine theoretische Härte von HV 1300 ± 30 und einen theoretischen Bruchzähigkeitswert K_{1C} von 20 MPa·m¹ /² ± 0,5, was für die hohen Zähigkeitsanforderungen von Bergbaubohrern geeignet ist. Diese graduelle Leistungsänderung spiegelt die dominierende Rolle des Co-Gehalts im Materialverhalten wider und bietet Flexibilität bei der Materialauswahl unter unterschiedlichen Arbeitsbedingungen. Darüber hinaus wurde die Mikrostruktur der WCCo- Legierung weiter durch SEM- und EDS-Analyse charakterisiert, und die Gleichmäßigkeit der Korngröße und Co-Verteilung wirkt sich direkt auf die Stabilität der endgültigen Leistung aus.

10.2.1.1.2 Mechanismus und Analyse der Wolfram-Kobalt- WCCo- Legierung

Die Leistungsfähigkeit der WCCo- Legierung beruht auf dem synergistischen Effekt der WC-Hartphase und der Co-Bindungsphase. WC bietet dank seiner hohen chemischen Bindungsenergie (theoretischer Wert ~700 kJ/mol ± 10 kJ/mol) und seiner hexagonalen Kristallstruktur (theoretischer Mohshärtewert >9), die die Basis der Legierung bildet, hervorragende Härte und Verschleißfestigkeit. Co nutzt eine kubisch-flächenzentrierte (FCC) Kristallstruktur (theoretische Dehnung ~1 % ± 0,1 %) als Bindephase, absorbiert Energie durch plastische Verformung und erhöht die Rissbeständigkeit des Materials. Die Grenzflächenbindungsfestigkeit (theoretischer Wert >100 MPa ± 10 MPa) ist ein Schlüsselparameter für die Leistungsoptimierung. Sie reduziert effektiv die Risswachstumsrate (theoretischer Wert <0,1 mm ± 0,01 mm) und verbessert die Gesamtstabilität und Lebensdauer des Materials. Der Zusammenhang zwischen Härte und Co-Gehalt lässt sich mit der folgenden Näherungsformel beschreiben:

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

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

Die mikrostrukturelle Analyse offenbarte weitere Leistungsunterschiede. SEM-Beobachtungen zeigten, dass der theoretische Wert der Korngröße von WC6Co 0,5 ± 0,01 µm betrug , die Kornverteilung gleichmäßig war (theoretische Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %) und der theoretische Wert der Kontinuität des Co-Netzwerks > 95 % ± 2 % betrug, was eine strukturelle Grundlage für hohe Härte und Verschleißfestigkeit bot; der theoretische Wert der Korngröße von WC20Co stieg auf 2–5 ± 0,01 µm und die Co-Phase kann leicht segregiert sein (theoretische Abweichung < 0,5 % ± 0,1 %), aber ihr höherer Co-Gehalt verbesserte die Zähigkeit und passte sich an Hochlastbedingungen an. Die EDS-Analyse bestätigte die Gleichmäßigkeit der Co-Verteilung (theoretische Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %) und untermauerte damit die Korrelation zwischen Mikrostruktur und makroskopischen Eigenschaften. Verschleißleistungstests zeigen, dass die theoretische Verschleißrate von WC6Co (0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) erheblich niedriger ist als die von WC20Co (0,08 mm³ /N·m ± 0,01 mm³/N·m). Die Feinkornstruktur (theoretische Korngrenzendichte >10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) verbessert die Verschleißfestigkeit theoretisch um 20 %

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

± 3 %. Zudem zeigt die thermodynamische Analyse, dass die Bildungsenthalpie von WC (theoretischer Wert –40 kJ/mol ± 5 kJ/mol) niedriger ist als die Oxidationsenthalpie von Co (theoretischer Wert ~200 kJ/mol ± 10 kJ/mol), was die Stabilität der WCCo- Legierung in korrosiven Umgebungen theoretisch stützt .

10.2.1.1.3 Analyse der Faktoren, die die WCCo- Legierung beeinflussen

Die WCCo- Legierung wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und der gewünschte Effekt muss durch die Optimierung der Prozessparameter und Testbedingungen erreicht werden:

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 6 % ± 1 % beträgt die theoretische Härte > HV 1800 ± 30, was für hochpräzises Schneiden und Anforderungen an die Oberflächenqualität geeignet ist; bei einem Co-Gehalt von 20 % ± 1 % beträgt die theoretische Bruchzähigkeit K_{Ic} > 20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, was für Anwendungen mit hoher Zähigkeit wie Bergbau und Stanzen geeignet ist.

Körnung

Der theoretische Korngrößenbereich liegt bei 0,5–1 μm ± 0,01 μm . Dies sorgt für hohe Härte und geringen Verschleiß (theoretischer Wert < 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) und eignet sich für die Präzisionsbearbeitung. Bei einer Korngröße von > 5 μm ± 0,01 μm erhöht sich der Verschleiß theoretisch um 15 % ± 3 %, die Zähigkeit verbessert sich jedoch, um hohen Belastungen standzuhalten.

Sintertemperatur

Bei einer theoretischen Sintertemperatur von 1450 °C ± 10 °C kann eine Dichte von > 99,5 % ± 0,1 % erreicht werden, wodurch eine gleichmäßige Mikrostruktur und konsistente Leistung sichergestellt werden. Übersteigt die Temperatur 1500 °C ± 10 °C, führt dies theoretisch zu einer Zunahme der Phasentrennung um 10 % ± 2 %, zu Kornwachstum (theoretischer Wert > 10 μm ± 0,01 μm) und zu einer Verringerung der Härte um etwa 10 % ± 2 %.

Kohlenstoffgehalt

Eine Abweichung des Kohlenstoffgehalts von ±0,1 %±0,01 % führt zu einer theoretischen Härteänderung von ±50. Ein zu niedriger Kohlenstoffgehalt (theoretischer Wert <0,2 %±0,01 %) kann die η-Phase bilden (theoretische Härte >HV 2000±50), verringert jedoch die Bruchzähigkeit K_{1C} Der theoretische Wert kann um 20 % ± 3 % abweichen. Ein zu hoher Kohlenstoffgehalt kann zur Bildung von freiem Graphit und zur Erweichung des Materials führen (theoretische Härteabnahme > 5 % ± 1 %).

Ladebedingungen

Bei einer Schnittgeschwindigkeit von >500 m/min±10 m/min weist WC6Co aufgrund seiner hohen Härte eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit auf; bei einer Stoßbelastung von >10^6-mal±10^5-mal weist WC20Co aufgrund seiner hohen Zähigkeit eine bessere Ermüdungsbeständigkeit auf.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Umweltfaktoren

Wenn die Betriebstemperatur 800 °C ± 20 °C übersteigt, kann die Co-Phase weicher werden (die theoretische Härte nimmt um 15 % ± 2 % ab); die saure Umgebung (theoretischer pH-Wert < 4 ± 0,5) erhöht die Korrosionsrate theoretisch um 30 % ± 5 %, und es müssen korrosionsbeständige Elemente wie Cr hinzugefügt werden.

Beispielsweise verringert sich die theoretische Härte von WC10Co (theoretische Korngröße 2 μm ± 0,01 μm) aufgrund einer leichten Entmischung der Co-Phase auf HV 1600 ± 30. Um die Leistungskonsistenz zu verbessern, muss der Entmischungsgrad durch Optimierung der Sintertemperatur (1450 °C ± 10 °C) und des Kohlenstoffgehalts (Abweichung < 0,1 % ± 0,01 %) kontrolliert werden.

10.2.1.1.4 Optimierungsstrategie der Wolfram-Kobalt- WCCo- Legierung

Um ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Anwendung zu erreichen, werden die folgenden Optimierungsstrategien empfohlen:

Co-Inhalt

6%-10%±1% eignen sich für Schneidwerkzeuge (theoretische Härte > HV 1600±30, Verschleißfestigkeit <0,04 mm^3 /N·m ± 0,01 mm^3 /N·m); 15%-20%±1% eignen sich für Bergbaubohrer (theoretisch K_{1c} > 15 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5 , Schlagzähigkeit > 10^6-fach ± 10^5- fach) .

Getreidekontrolle

0,5–1 μm ± 0,01 μm ist für Anwendungen mit hoher Härte und gewährleistet eine Oberflächengüte Ra < 0,2 μm ± 0,05 μm ; 2–5 μm ± 0,01 μm ist für Anwendungen mit hoher Zähigkeit und verbessert die Schlagfestigkeit.

Sinterprozess

Die Sintertemperatur beträgt 1450 °C ± 10 °C und der Druck 50 MPa ± 1 MPa, wodurch eine Dichte von >99,5 % ± 0,1 % und eine gleichmäßige Mikrostruktur gewährleistet werden. Die Sinterzeit wird kontrolliert (theoretischer Wert 1–2 Stunden ± 0,1 Stunden), um ein Überbrennen zu vermeiden.

Kohlenstoffkontrolle

Die Abweichung des Kohlenstoffgehalts wird auf <0,1 % ± 0,01 % kontrolliert. Die Bildung der η-Phase oder Graphitphase wird durch präzise Dosierung vermieden, um das Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit zu erhalten.

Testspezifikationen

Zur Leistungsüberprüfung wurden ASTM E92 (Vickershärte), ISO 28079 (Bruchzähigkeit) und ASTM G65 (Verschleißeigenschaften) verwendet; zur Überwachung der Mikrostruktur wurden SEM- und EDS-Analysen ergänzt.

Beispielsweise hat WC6Co (theoretische Korngröße 0,5 μm ± 0,01 μm , Sintertemperatur 1450 °C

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

± 10 °C) eine theoretische Härte von HV 1800 ± 30 und eine Verschleißrate von 0,04 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, was den Anforderungen an hohe Präzision und lange Lebensdauer von Luftfahrtwerkzeugen entspricht (theoretischer Wert > 5000 Stunden ± 500 Stunden).

10.2.1.1.5 Technische Anwendung der Wolfram-Kobalt- WCCo- Legierung

Die WCCo- Legierung hat in verschiedenen technischen Szenarien hervorragende Leistung gezeigt. Ihr Anwendungsspektrum deckt vielfältige Anforderungen ab, von der hochpräzisen Bearbeitung bis hin zu Schwerlastanwendungen:

Hochgeschwindigkeitsschneiden

WC6Co (theoretischer Co-Gehalt 6 % ± 1 %, Korngröße 0,5 µm ± 0,01 µm) hat eine theoretische Härte von HV 1800 ± 30, eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit, eine theoretische Verschleißrate von 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, eine theoretische Lebensdauer von > 5000 Std. ± 500 Std. und eignet sich für die Präzisionsbearbeitung von Luft- und Raumfahrtteilen (wie Titanlegierungen und Hochtemperaturlegierungen). Die Bearbeitungsgeschwindigkeit kann 500 m/min ± 10 m/min erreichen, und die theoretische Oberflächenrauheit Ra < 0,2 µm ± 0,05 µm .

Bergbaubohrer

WC20Co (theoretischer Co-Gehalt 20 % ± 1 %, Korngröße 2 µm ± 0,01 µm) hat eine theoretische Bruchzähigkeit K_{1c} von ~20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, eine Schlagfestigkeit von >10^6-mal ± 10^5-mal, eine theoretische Verschleißrate von 0,08 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, ist zum Bohren in hartem Gestein (wie etwa Granit) geeignet, hat eine theoretische kontinuierliche Betriebslebensdauer von >6000 Stunden ± 500 Stunden und eine Anpassungsfähigkeit an Schlagbelastungen von >10^6-mal ± 10^5-mal.

Stanzform

WC10Co (theoretischer Co-Gehalt 10 % ± 1 %, Korngröße 1 µm ± 0,01 µm) hat eine theoretische Härte von HV 1600 ± 30, eine Schlagfestigkeit von >10^6-mal ± 10^5-mal, eine theoretische Lebensdauer von >5000 Stunden ± 500 Stunden und wird häufig in der Metallumformung (wie zum Beispiel beim Stanzen von Autoteilen) verwendet, um eine Maßgenauigkeit von <10 µm ± 1 µm sicherzustellen .

Diese Anwendungsbeispiele zeigen, dass WCCo -Legierungen durch präzise Kontrolle der chemischen Zusammensetzung einen Leistungsgradienten von hoher Härte bis zu hoher Zähigkeit erreichen und so vielfältige industrielle Anforderungen von der Luft- und Raumfahrt bis zum Bergbau erfüllen. Mit der Weiterentwicklung der intelligenten Fertigung können die Leistungsdaten von WCCo -Legierungen zudem durch KI-Modelle vorhergesagt werden (theoretische Genauigkeit > 90 % ± 2 %). Dies optimiert die Designeffizienz weiter (theoretischer Wert um 15 % ± 2 % erhöht) und fördert eine nachhaltige Produktion und Ressourcennutzung (theoretische Rückgewinnungsrate > 90 % ± 2 %).

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

1 0.2.1.2 Wolfram-Nickel- WCNi- Legierung: Korrosionsbeständigkeit

10.2.1.2.1 Grundprinzipien und Technologieübersicht der WCNi- Legierung

Die Wolfram-Nickel- WCNi- Legierung ist ein pulvermetallurgisch hergestelltes Hochleistungshartmetall mit Wolframkarbid WC (theoretischer Gehalt 70–90 % ± 1 %) als Hartphase und Nickel Ni (theoretischer Gehalt 8–15 % ± 1 %) als Bindephase. Die Besonderheit dieser Legierung liegt in der deutlich verbesserten Korrosionsbeständigkeit des Materials durch den Ersatz der traditionellen Kobalt-Co-Bindungsphase durch Ni, insbesondere im Gewichtsverlusttest in Salzsprühnebel (theoretischer Gewichtsverlust < 0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm², basierend auf der internationalen Norm ISO 9227). Die WCNi- Legierung wurde ursprünglich entwickelt , um den industriellen Anforderungen in korrosiven Umgebungen gerecht zu werden, wie z. B. bei Offshore-Bohrgeräten (theoretische Lebensdauer > 5 Jahre ± 0,5 Jahre), chemischen Ventilen (theoretische Säurebeständigkeit pH < 3 ± 0,1, Lebensdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre) und Teilen der Lebensmittelverarbeitung. Diese Bereiche stellen extrem hohe Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit und Langzeitstabilität der Materialien. Die elektrochemische Stabilität von Ni (theoretisches Korrosionspotenzial E_{korr} ~0,1 V±0,02 V vs. SCE) ist deutlich besser als die von Co (theoretischer Wert 0,3 V±0,02 V vs. SCE). Bei Kontakt mit korrosiven Medien bildet sich auf der Oberfläche spontan eine dichte NiO- Passivierungsschicht (theoretische Dicke 10 nm±1 nm), wodurch die Korrosionsstromdichte (theoretischer Wert i) effektiv reduziert wird. $_{korr}$ <10^{-6} A/cm ^{2} ± 10^{-7} A/cm ^{2}) , wodurch die Korrosionsbeständigkeit des Materials deutlich verbessert wird. Im Gegensatz dazu sind WCCo- Legierungen in ähnlichen Umgebungen anfälliger für Lochfraß und gleichmäßige Korrosion, und ihre Korrosionsbeständigkeit ist relativ gering.

Obwohl die Härte der WCNi- Legierung (theoretischer Bereich HV 1500–1700 ± 30) etwas geringer ist als die der WCCo- Legierung (theoretischer Bereich HV 1300–1800 ± 30), ist ihre Korrosionsbeständigkeit um etwa 40 % ± 5 % verbessert, was in spezifischen Anwendungen beispiellose Vorteile bietet. Der Herstellungsprozess erfolgt mittels Pulvermetallurgie und umfasst das Hochenergie-Kugelmahlen gemischter Rohstoffpulver, Kaltpressen und Vakuumsintern. Die Sintertemperatur wird auf 1450 °C ± 10 °C und der Druck auf 50 MPa ± 1 MPa geregelt, um die Materialdichte (theoretische relative Dichte > 99,5 % ± 0,1 %) und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur sicherzustellen. Die Leistungstests wurden mit verschiedenen standardisierten Methoden durchgeführt, darunter elektrochemische Arbeitsplatztests (ASTM G59, theoretische Scanrate 0,1 mV/s ± 0,01 mV/s, zur Messung von Polarisationskurven und Korrosionsparametern), Salzsprühkorrosionstests (ISO 9227, theoretische Testbedingungen 35 °C ± 1 °C, 5 % NaCl-Lösung, Dauer 1000 Stunden ± 100 Stunden) und Rasterelektronenmikroskopie (SEM, theoretische Auflösung < 0,1 μm ± 0,01 μm) zur Analyse der Mikrostruktur und Korrosionsmorphologie. Zudem wurde energiedispersive Spektroskopie (EDS) verwendet, um die Gleichmäßigkeit der Ni-Verteilung zu bestätigen, und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) verifizierte zusätzlich den chemischen Zustand der NiO- Passivierungsschicht (Ni 2p-Spitzenposition ~ 854 eV ± 0,1 eV, entspricht dem NiO- Standardwert). Beispielsweise beträgt der theoretische Gewichtsverlust von WC10Ni (theoretische Korngröße 0,5 μm ± 0,01 μm) im Salzsprühtest 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² ,

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

und die Härte erreicht HV 1600 ± 30, womit die umfassenden Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit und mechanische Eigenschaften für Offshore-Bohrgeräte vollständig erfüllt werden. Die Leistungsvorteile dieser Legierung machen sie zu einer idealen Wahl als Ersatz für herkömmliche WCCo- Legierungen, insbesondere bei Anwendungen, die eine langfristige Einwirkung von Meerwasser, sauren Lösungen oder chloridhaltigen Umgebungen erfordern.

10.2.1.2.2 Mechanismus und Analyse der Wolfram-Nickel- WCNi- Legierung

Die WCNi- Legierung basiert hauptsächlich auf den elektrochemischen Eigenschaften der Ni-Bindungsphase und der chemischen Stabilität der WC-Hartphase. Ni unterliegt in korrosiver Umgebung einer Oxidationsreaktion, bei der sich eine NiO- Passivierungsschicht bildet. Die chemische Reaktion lässt sich wie folgt beschreiben:

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

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

Die Bildung der NiO- Passivierungsschicht (theoretische Dicke 10 nm ± 1 nm) ist der Kernmechanismus der Korrosionsbeständigkeit. Diese Schicht weist eine extrem geringe Porosität und hohe chemische Stabilität auf, wodurch das Eindringen von Chloridionen (Cl^-) (theoretische Permeabilität <10^{-10} cm^2/s ± 10^{-11} cm^2/s) deutlich gehemmt und die Lochfraßrate effektiv reduziert wird (theoretische Abnahme um 40 % ± 5 %). Diese Passivierungsschicht bietet auch in Salzsprühnebel (z. B. 5%iger NaCl-Lösung) oder saurer Umgebung (pH < 3 ± 0,1) Schutz und verlängert die Lebensdauer des Materials. Als Hartphase weist WC eine extrem hohe chemische Stabilität auf (theoretische Auflösungsrate <10^{-8} g/cm^2 · h±10^{-9} g/cm^2 · h) und löst sich in korrosiven Medien kaum auf. Dies bietet der Matrix langfristige strukturelle Unterstützung, wirkt synergistisch mit der NiO- Passivierungsschicht und erhöht die Gesamthaltbarkeit zusätzlich. Die Änderung des Ni-Gehalts hat einen signifikanten Einfluss auf die Leistung: Bei einem Ni-Gehalt von 10 %±1 % steigt der theoretische Wert der Korrosionsstromdichte i_{korr} ist bei 10^{-6} A/cm^2 ± 10^{-7} A/cm^2 stabil und behält eine gute Korrosionsbeständigkeit bei; wenn der Ni-Gehalt 15 % ± 1 % übersteigt, führt die erweichende Wirkung von Ni (theoretische Härte ~HV 300 ± 30) zu einer Verringerung der Gesamthärte um etwa 10 % ± 2 %, obwohl die Korrosionsbeständigkeit nicht weiter signifikant verbessert wird, was darauf hindeutet, dass der Ni-Gehalt innerhalb eines vernünftigen Bereichs optimiert werden muss, um ein Gleichgewicht zwischen Härte und Korrosionsbeständigkeit herzustellen.

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

Die SEM-Beobachtung der Mikrostrukturanalyse zeigt, dass das Ni-Netzwerk von WC10Ni gleichmäßig verteilt ist (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %), der theoretische Wert der Korngröße 0,5 µm ± 0,01 µm und der theoretische Wert der Korngrenzendichte $>10^{14}$ m^{-2} ± 10^{13} m^{-2} beträgt , was eine strukturelle Grundlage für die Synergie von Korrosionsbeständigkeit und mechanischen Eigenschaften bietet. Wenn die Korngröße auf >2 µm ± 0,01 µm ansteigt , erhöht sich die Lochfraßtiefe theoretisch um 20 % ± 3 %, was auf die Verringerung des Schutzes durch die Verringerung der Korngrenzen zurückzuführen ist. Die EDS-Analyse bestätigt die gleichmäßige Verteilung der Ni-Phase zwischen den Körnern (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %), und die XPS-Spektroskopie verifiziert den chemischen Zustand der NiO- Schicht (Ni2p-Spitzenposition ~854 eV ± 0,1 eV, entspricht dem Standardwert von NiO). Die Ergebnisse des Salzsprühtests (theoretische Dauer 1000 Stunden ± 100 Stunden) zeigen, dass der theoretische Gewichtsverlust von WC10Ni 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² beträgt , was dank der Schutzwirkung der NiO-Passivierungsschicht deutlich besser ist als 0,09 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² von WC10Co . Dieser Mechanismus wird durch thermodynamische Analysen zusätzlich unterstützt. Die Bildungsenthalpie von NiO (theoretischer Wert –240 kJ/mol ± 10 kJ/mol) ist niedriger als die von CoO (theoretischer Wert –237 kJ/mol ± 10 kJ/mol), was darauf hindeutet, dass Ni in einer oxidierenden Umgebung etwas stabiler ist.

10.2.1.2.3 Analyse der Faktoren, die die WCNi- Legierung beeinflussen

WCNi -Legierungen werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und eine Leistungsverbesserung muss durch Prozessoptimierung und Umweltkontrolle erreicht werden:

Ni-Gehalt

Bei einem Ni-Gehalt von 10 % ± 1 % beträgt der theoretische Gewichtsverlust <0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² und die Härte bleibt bei HV 1600 ± 30; bei einem Ni-Gehalt von >15 % ± 1 % verringert sich die Härte theoretisch um 10 % ± 2 % (auf HV 1400 ± 30) und die Korrosionsbeständigkeit ist begrenzt (<5 % ± 1 %), daher ist ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Kosten erforderlich.

Körnung

Bei einer Korngröße von 0,5–1 µm ± 0,01 µm ist die Lochkorrosionsrate niedrig und der theoretische Gewichtsverlust liegt bei <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² ; bei einer Korngröße von >2 µm ± 0,01 µm steigt der theoretische Gewichtsverlust um 15 % ± 3 % und die Lochkorrosionstiefe steigt auf >0,2 µm ± 0,02 µm , was eine Optimierung durch Kornverfeinerung erfordert.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1450 °C ± 10 °C beträgt die theoretische Dichte >99,5 % ± 0,1 %, und die Ni-Verteilung ist gleichmäßig (Abweichung <0,1 % ± 0,02 %). Bei Temperaturen über 1500 °C ± 10 °C erhöht sich die Ni-Phasentrennung theoretisch um 10 % ± 2 %, was die Korrosionsbeständigkeit und die Konsistenz der mechanischen Eigenschaften beeinträchtigt.

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

Umweltbedingungen

Die saure Umgebung (pH <2 ± 0,1) erhöht die Korrosionsstromdichte i_corr theoretisch um 20 % ± 5 %, und die Stabilität der Passivierungsschicht muss verbessert werden; die Umgebung mit hoher Salzkonzentration (NaCl > 5 % ± 0,1 %) erhöht die Lochfraßrate theoretisch um 15 % ± 3 %, und die Oberflächenbehandlung muss optimiert werden.

Oberflächenzustand

Bei einer Oberflächenrauheit Ra <0,05 μm±0,01 μm ist die Korrosionsbeständigkeit optimal und der theoretische Gewichtsverlust liegt bei <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² ; bei einer Oberflächenrauheit >0,1 μm±0,01 μm steigt der theoretische Gewichtsverlust um 10 %±2 % und die Lochfraßempfindlichkeit nimmt zu.

Testbedingungen

Wenn die Temperatur des Salzsprühtests 35 °C ± 1 °C und die Luftfeuchtigkeit > 95 % ± 2 % beträgt, sind die Gewichtsverlustdaten stabil; wenn die Temperatur > 40 °C ± 1 °C beträgt, erhöht sich die Korrosionsrate theoretisch um 10 % ± 2 %, und die Testumgebung muss kontrolliert werden.

Aufgrund des hohen Ni-Gehalts (15 % ± 1 %) sank beispielsweise die Härte von WC15Ni auf HV 1400 ± 30 und die Korrosionsbeständigkeit war nicht wesentlich besser als die von WC10Ni (Gewichtsverlust 0,07 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) , was darauf hindeutet, dass der Ni-Gehalt auf etwa 10 % ± 1 % optimiert werden muss.

10.2.1.2.4 Optimierungsstrategie für WCNi- Legierung

Um einen theoretischen Gewichtsverlust von <0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , eine Härte von >HV 1500±30 zu erreichen und die Anforderungen an die langfristige Korrosionsbeständigkeit zu erfüllen, wird die folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Ni-Gehalt

8 %–12 % ± 1 % ist der optimale Bereich, um die Korrosionsbeständigkeit (Gewichtsverlust < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) und die Härte (HV 1600 ± 30) auszugleichen und eine Erweichung durch übermäßiges Ni zu vermeiden.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wird auf 0,5–1 μm ± 0,01 μm kontrolliert und das Kornwachstum wird durch Verringerung der Schwankung der Sintertemperatur (± 5 °C) reduziert, wodurch die Lochfraßrate verringert wird (theoretisch um 20 % ± 3 %).

Sinterprozess

Die Sintertemperatur betrug 1450 °C ± 10 °C und der Druck 50 MPa ± 1 MPa, wodurch eine Dichte von >99,5 % ± 0,1 % und eine gleichmäßige Ni-Verteilung (Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) sichergestellt wurden. Zur Verringerung der Oxidation wurde Argon (Sauerstoffgehalt <0,01 % ± 0,001 %) als Sinteratmosphäre verwendet.

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

Oberflächenbehandlung

Die Oberflächenrauheit wurde durch Präzisionspolieren auf Ra <0,05 µm ± 0,01 µm kontrolliert, die Integrität der NiO- Passivierungsschicht wurde verbessert und die Lochfraßtiefe wurde theoretisch um 20 % ± 3 % reduziert.

Testspezifikationen

Die Korrosionsbeständigkeit wurde mittels ISO 9227 (Salzsprühnebeltest, Dauer 1000 Stunden ± 100 Stunden) und ASTM G59 (elektrochemischer Test, Abtastrate 0,1 mV/s ± 0,01 mV/s) überprüft; ergänzt durch SEM und XPS zur Analyse der Mikrostruktur und des chemischen Zustands.

cm² ± 0,01 mg/cm² im Salzsprühnebeltest und die Korrosionsstromdichte i_{korr} <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A /cm² , was den Anwendungsanforderungen von Offshore-Bohrungen und chemischen Ventilen entspricht.

10.2.1.2.5 Technische Anwendung der Wolfram-Nickel- WCNi- Legierung

Die WCNi- Legierung weist eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit auf und eignet sich gut für technische Anwendungen unter verschiedenen rauen Bedingungen. Ihr Anwendungsbereich umfasst die Bereiche Schifffahrt, Chemie und Lebensmittelverarbeitung:

Offshore-Bohrungen

WC10Ni (theoretischer Ni-Gehalt 10 % ± 1 %, Korngröße 0,5 µm ± 0,01 µm) hat einen theoretischen Gewichtsverlust von 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² im Salzsprühtest , Korrosionsstromdichte i_{korr} <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A /cm² , theoretische Lebensdauer >5 Jahre ± 0,5 Jahre. Es ist für Seewasser-Bohrplattformen und Tauchausrüstung geeignet und hält Umgebungen mit 5 % NaCl-Lösung und einem pH-Wert <3 ± 0,1 stand.

Chemieventile

WC8Ni (theoretischer Ni-Gehalt 8 % ± 1 %, Korngröße 0,5 µm ± 0,01 µm) weist in saurem Milieu (pH 2 ± 0,1) einen theoretischen Gewichtsverlust von 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² auf , die Korrosionsbeständigkeit ist um 40 % ± 5 % verbessert, und die theoretische Lebensdauer beträgt > 2 Jahre ± 0,2 Jahre. Es wird häufig in chemischen Rohrleitungen und Reaktoren eingesetzt.

Lebensmittelverarbeitung

WC10Ni (theoretischer Ni-Gehalt 10 % ± 1 %, Oberflächenrauheit Ra < 0,05 µm ± 0,01 µm) hat einen theoretischen Gewichtsverlust von 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² in Salzsprühnebel und saurer Reinigungslösung und der Gehalt an Korrosionsprodukten beträgt < 0,01 % ± 0,002 %, was den Lebensmittelhygienestandards (wie den FDA-Anforderungen) entspricht und für Rührwerke und Schneidwerkzeuge geeignet ist.

Diese Anwendungsbeispiele zeigen, dass die hohe Korrosionsbeständigkeit (theoretischer Gewichtsverlust <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) der WCNi- Legierung und ihre ausgewogenen

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

mechanischen Eigenschaften ihr Anwendungspotenzial in korrosiven Umgebungen deutlich erweitern. Mit der rasanten Entwicklung des Schiffsbaus und der grünen Chemieindustrie im Jahr 2025 werden die Leistungsoptimierung und das Recycling der WCNi- Legierung (theoretische Recyclingrate >90 % ± 2 %) ihre Anwendung in der nachhaltigen Fertigung weiter fördern.

10.2.1.3 Wolframkarbid-Kobalt-Chrom-Legierung (WCCoCr):

Umfassende Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit (Härte HV 1300-1500)

10.2.1.3.1 Grundprinzipien und technischer Überblick über Wolframkarbid-Kobalt-Chrom (WCCoCr) -Legierungen Durch Zugabe von

Spuren von Chrom Cr (theoretischer Gehalt 0,5 % - 2 % ± 0,01 %) zur herkömmlichen Wolfram-Kobalt-Legierung (WCCoCr) werden bei Wolframkarbid-Kobalt-Chrom (WCCoCr)-Legierungen eine deutliche Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit (theoretischer Gewichtsverlust < 0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm², basierend auf der Norm ISO 9227) und Verschleißbeständigkeit (theoretische Verschleißrate < 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) erreicht , während die Härte in einem angemessenen Bereich von HV 1300–1500±30 gehalten wird. Das Designziel dieser Legierung besteht darin, die Anforderungen technischer Anwendungen in extremen Umgebungen zu erfüllen, wie z. B. Schiffsventile (theoretische Lebensdauer > 3 Jahre ± 0,3 Jahre), Ölbohrwerkzeuge (theoretische Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden) und Chemiepumpen usw. Diese Bereiche stellen hohe Anforderungen an die Gesamtleistung der Materialien. Die Zugabe von Cr verbessert die Korrosionsbeständigkeit des Materials erheblich, indem eine Cr_2O_3-Passivierungsschicht (theoretische Dicke ~ 10 nm ± 1 nm) gebildet wird, die die Korrosionsstromdichte im korrosiven Medium wirksam verringern kann (theoretischer Wert i_corr < 10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A/cm²) und so langfristigen Schutz bietet. Gleichzeitig fungiert Kobalt Co (theoretischer Gehalt 6–15 % ± 1 %) als Bindephase und bildet durch Flüssigphasensintern ein kontinuierliches Netzwerk (theoretischer Volumenanteil > 95 % ± 2 %), wodurch die Zähigkeit des Materials (theoretischer Bereich K_{Ic} 10–15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) sichergestellt wird, Härte und Rissbeständigkeit ausgeglichen werden und hervorragende synergetische Effekte zwischen Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit erzielt werden.

Der Herstellungsprozess erfolgt mittels Pulvermetallurgie, einschließlich Hochenergie-Kugelmahlen, Mischen der Rohpulver, Kaltpressen und Vakuumsintern. Die Sintertemperatur liegt bei 1450 °C ± 10 °C und der Druck bei 50 MPa ± 1 MPa, um die Materialdichte (theoretische relative Dichte > 99,5 % ± 0,1 %) und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur sicherzustellen. Die Leistungstests erfolgen nach verschiedenen standardisierten Methoden, darunter Salzsprühnebel-Korrosionstest (ISO 9227, theoretische Bedingungen: 35 °C ± 1 °C, 5 % NaCl-Lösung, Dauer: 1000 Std. ± 100 Std.), Verschleißfestigkeitstest (ASTM G65, theoretische Belastung: 130 N ± 1 N, Genauigkeit: ± 0,01 mm³/N·m) und elektrochemischer Test (ASTM G59, theoretische Genauigkeit: ± 0,001 V, zur Messung von Polarisationskurven und Korrosionsparametern). Zusätzlich werden Rasterelektronenmikroskopie (REM, theoretische Auflösung <0,1 μm±0,01 μm) und energiedispersive Spektroskopie (EDS) zur Analyse der Mikrostruktur und Elementverteilung

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

eingesetzt. Beispielsweise beträgt der theoretische Gewichtsverlust von WC10Co0,5Cr (theoretische Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) im Salzsprühtest 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , die Härte erreicht HV 1450±30 und die theoretische Verschleißrate 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, womit die umfassenden Leistungsanforderungen von Schiffsventilen und Ölbohrwerkzeugen voll erfüllt werden. Die Entwicklung dieser Legierung bietet eine Möglichkeit zur Leistungssteigerung herkömmlicher WCCo- Legierungen, insbesondere für komplexe Arbeitsbedingungen, die sowohl Verschleißfestigkeit als auch Korrosionsbeständigkeit erfordern.

10.2.1.3.2 Mechanismus und Analyse der Wolframkarbid-Kobalt-Chrom-Legierung (WCCoCr)

Die WCCoCr- Legierung entsteht durch die verstärkende und passivierende Wirkung von Cr-Zusätzen in festen Lösungen und die synergistische Wirkung von Co und WC. Cr wird beim Sintern bei hohen Temperaturen oxidiert und bildet eine Cr_2O_3-Passivierungsschicht, deren chemischer Zustand durch Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) verifiziert wird (Cr3p-Peakposition ~577 eV±0,1 eV, entspricht dem Standardwert von Cr_2O_3) . Die theoretische Dicke dieser Schicht beträgt 10 nm±1 nm, wodurch die Auflösung der Co-Phase wirksam verhindert werden kann (theoretische Auflösungsrate $<10^{-7}$ g/cm²·h±10^{-8} g/cm²·h) und die Korrosionsbeständigkeit im Vergleich zu einer reinen WCCo- Legierung um etwa 40 %±5 % verbessert wird. Die verstärkende Wirkung von Cr (theoretischer Gehalt ~0,5 % ± 0,01 %) in der Mischkristalllösung erhöht die Härte des Materials durch Erhöhung der Gitterverzerrung, wobei der theoretische Wert um etwa 10 % ± 2 % steigt. Übersteigt der Cr-Gehalt jedoch 2 % ± 0,01 %, kann das überschüssige Cr mit Kohlenstoff reagieren und eine spröde Phase Cr_3C_2 (theoretischer Gehalt > 1 % ± 0,2 %) bilden , was zu einer theoretischen Abnahme der Bruchzähigkeit K_{1c} führt. $_{um}$ 15 $_{\%}$ ±3 %, was eine strenge Kontrolle der Cr-Zugabe erfordert.

Als harte Phase weist WC eine Korngröße (theoretischer Wert 0,5 μm ± 0,01 μm) auf, die eine hohe Korngrenzendichte (theoretischer Wert > 10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) gewährleistet , wodurch die Verschleißrate deutlich reduziert wird (theoretische Abnahme von 20 % ± 3 %) und eine grundlegende Unterstützung für die Verschleißfestigkeit bereitgestellt wird. Die Co-Bindungsphase (theoretischer Volumenanteil 10 % ± 1 %) verbessert die Zähigkeit des Materials durch Bildung eines kontinuierlichen Netzwerks mit einer theoretischen Bruchzähigkeit K_{1c} im $_{Bereich}$ von 10–15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, wodurch Rissausbreitung (theoretischer Wert < 0,1 mm ± 0,01 mm) insbesondere bei Stoßbelastung wirksam verhindert wird. Die SEM-Analyse zeigt, dass die Cr-Verteilung von WC10Co0,5Cr gleichmäßig ist (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %), und die EDS bestätigt, dass der Cr-Gehalt ungefähr 0,5 % ± 0,01 % beträgt, was dem erwarteten Verhältnis entspricht. Die Ergebnisse des Salzsprühtests (theoretische Dauer 1000 Stunden ± 100 Stunden) zeigten, dass der theoretische Gewichtsverlust von WC10Co0,5Cr 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² betrug , was besser war als 0,09 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² von WC10Co , was die Schutzwirkung der Cr_2O_3-Passivierungsschicht beweist. Der Verschleißtest (ASTM G65) zeigte, dass Cr die Bindungsstärke der WC-Co-Grenzfläche stärkte (theoretischer Wert > 120 MPa ± 10 MPa) und die theoretische Verschleißrate 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m betrug , was besser war als bei der WCCo-

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

Legierung ohne Cr-Zugabe. Bei einer Erhöhung der Korngröße auf > 2 μm ± 0,01 μm nahm die Korrosionsbeständigkeit jedoch leicht ab (der theoretische Gewichtsverlust stieg um 10 % ± 2 %) , was auf die Schwächung der Schutzwirkung durch die Verringerung der Korngrenzen zurückzuführen war, die durch Prozessoptimierung kontrolliert werden musste.

10.2.1.3.3 Analyse der Faktoren, die die Wolframkarbid-Kobalt-Chrom-Legierung (WCCoCr) beeinflussen

Die WCCoCr- Legierung wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Um eine stabile Leistung zu erzielen, ist es notwendig, die Prozessparameter und Umgebungsbedingungen zu optimieren:

Cr-Gehalt

Bei einem Cr-Gehalt von 0,5 % ± 0,01 % ist die Korrosionsbeständigkeit optimal (theoretischer Gewichtsverlust < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²) ; bei einem Cr-Gehalt von > 2 % ± 0,01 % entsteht die spröde Phase Cr_3C_2 und die Bruchzähigkeit nimmt theoretisch um 15 % ± 3 % ab (auf < 8 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5) , und die Härtezunahme ist begrenzt.

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 10 % ± 1 % ist die Zähigkeit optimal (K_{Ic} ~12 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5); bei einem Co-Gehalt von >15 % ± 1 % verringert sich die Härte theoretisch um 10 % ± 2 % (auf HV 1300 ± 30) und die Verschleißfestigkeit nimmt leicht ab.

Körnung

Bei einer Korngröße von 0,5–1 μm ± 0,01 μm ist die Verschleißrate gering (theoretischer Wert < 0,05 $mm^3/N \cdot m$ ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$) und die Korrosionsbeständigkeit ausgezeichnet; bei einer Korngröße von > 2 μm ± 0,01 μm steigt der Gewichtsverlust theoretisch um 10 % ± 2 % und die Lochfraßtiefe steigt auf > 0,2 μm ± 0,02 μm .

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1450 °C ± 10 °C ist die Cr_2O_3 -Passivierungsschicht stabil und die Dichte beträgt >99,5 % ± 0,1 %; wenn die Temperatur 1500 °C ± 10 °C übersteigt, nimmt die spröde Phase theoretisch um 5 % ± 1 % zu, was die Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit beeinträchtigt.

Umweltbedingungen

Eine Umgebung mit hoher Salzkonzentration (NaCl > 5 % ± 0,1 %) erhöht die Lochfraßrate theoretisch um 15 % ± 3 %, und die Dicke der Passivierungsschicht muss erhöht werden. Eine saure Umgebung (pH < 2 ± 0,1) erhöht die Korrosionsstromdichte i_corr theoretisch um 20 % ± 5 %, und der Cr-Gehalt muss optimiert werden.

Oberflächenzustand

Bei einer Oberflächenrauheit Ra <0,05 μm±0,01 μm sind Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit optimal; bei einer Oberflächenrauheit Ra >0,1 μm±0,01 μm erhöhen sich

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

Gewichtsverlust und Verschleißrate theoretisch um 10 %±2 %.

Beispielsweise weist WC10Co2Cr einen hohen Cr-Gehalt (2 % ± 0,01 %) auf, wodurch die Bruchzähigkeit K_{1c} auf 8 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5 sinkt, was die Lebensdauer verkürzt. Daher muss der Cr-Gehalt auf 0,5–1 % ± 0,01 % optimiert werden.

10.2.1.3.4 Optimierungsstrategie für Wolframkarbid-Kobalt-Chrom-Legierungen (WCCoCr)

Um eine Härte > HV 1400 ± 30, einen Gewichtsverlust < 0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² und eine Verschleißrate < 0,05 mm^3 /N·m ± 0,01 mm^3 /N·m zu erreichen , werden folgende Optimierungsstrategien empfohlen:

Zutatenoptimierung
Der Cr-Gehalt wird auf 0,5–1 % ± 0,01 % kontrolliert, um die Bildung einer spröden Phase zu vermeiden; der Co-Gehalt beträgt 8–12 % ± 1 %, um ein Gleichgewicht zwischen Zähigkeit und Härte herzustellen.

Getreidekontrolle
Die Korngröße wird auf 0,5–1 μm ± 0,01 μm kontrolliert und das Kornwachstum wird durch Verringerung der Sintertemperaturschwankungen (± 5 °C) reduziert, wodurch die Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit verbessert wird.

Sinterprozess
Die Sintertemperatur beträgt 1450 °C ± 10 °C und der Druck 50 MPa ± 1 MPa, wodurch eine Dichte von >99,5 % ± 0,1 % und eine gleichmäßige Cr-Verteilung (Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) sichergestellt wird. Argon (Sauerstoffgehalt <0,01 % ± 0,001 %) wird als Sinteratmosphäre verwendet, um die Bildung von Cr_2O_3 zu fördern .

Oberflächenbehandlung
Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra<0,05 μm±0,01 μm kontrolliert , die Integrität der Cr_2O_3-Passivierungsschicht verbessert und die Lochfraßrate theoretisch um 15 %±3 % reduziert.

Testspezifikationen
Zur Überprüfung der Gesamtleistung werden ISO 9227 (Salzsprühnebelprüfung, Dauer 1000 Stunden ± 100 Stunden), ASTM G65 (Verschleißverhalten, Belastung 130 N ± 1 N) und ASTM G59 (elektrochemische Prüfung, Genauigkeit ± 0,001 V) herangezogen, zur Analyse der Mikrostruktur kommen SEM und EDS zum Einsatz.

Beispielsweise hat WC10Co0.5Cr (theoretische Korngröße 0,5 μm±0,01 μm , Oberfläche Ra<0,05 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1450±30, einen Gewichtsverlust von 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² und eine Verschleißrate von 0,05 mm^3 / N·m ± 0,01 mm^3 / N·m, was den hohen Anforderungen von

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

Schiffsventilen und Ölbohrwerkzeugen entspricht.

10.2.1.3.5 Technische Anwendung der Wolframkarbid-Kobalt-Chrom-Legierung (WCCoCr)

WCCoCr -Legierungen zeichnen sich durch hervorragende Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit aus und eignen sich hervorragend für technische Anwendungen unter extremen Bedingungen. Ihr Anwendungsbereich umfasst die Schifffahrts-, Erdöl- und Chemieindustrie.

Wolframkarbid-Kobalt-Chrom (WCCoCr)-Legierung Marineventil
WC10Co0.5Cr (theoretischer Cr-Gehalt 0,5 % ± 0,01 %, Korngröße 0,5 µm ± 0,01 µm) hat einen theoretischen Gewichtsverlust von 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² im Salzsprühtest, Korrosionsstromdichte i_corr <10^{-6} A/cm² ± 10^{-7} A /cm², theoretische Lebensdauer >3 Jahre ± 0,3 Jahre, geeignet für Meerwasserventile und Rohrleitungssysteme und widersteht Umgebungen mit 5 % NaCl-Lösung und pH <3 ± 0,1.

Ölbohrwerkzeuge aus Wolframkarbid-Kobalt-Chrom-Legierung (WCCoCr)
WC8Co0,5Cr (theoretischer Cr-Gehalt 0,5 % ± 0,01 %, Korngröße 0,5 µm ± 0,01 µm) hat eine theoretische Verschleißrate von 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, Härte HV 1400 ± 30, theoretische Verschleißlebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden und eignet sich für verschleißfeste Teile bei der Ölförderung und passt sich an hohe Belastungen und abrasive Umgebungen an.

aus Wolframkarbid-Kobalt-Chrom (WCCoCr)-Legierung
WC10Co1Cr (theoretischer Cr-Gehalt 1 % ± 0,01 %, Oberflächenrauheit Ra < 0,05 µm ± 0,01 µm) weist in saurem Milieu (pH 2 ± 0,1) einen theoretischen Gewichtsverlust von 0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² auf , die Korrosionsbeständigkeit ist um 40 % ± 5 % verbessert, und die theoretische Lebensdauer beträgt > 2 Jahre ± 0,2 Jahre. Es wird häufig in Laufrädern und Dichtungen chemischer Pumpen eingesetzt.

Diese Anwendungsbeispiele zeigen, dass WCCoCr -Legierungen durch die Zugabe von Cr ihre Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit optimieren (theoretischer Gewichtsverlust <0,08 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Verschleißrate <0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), was ihr Anwendungspotenzial in der Schifffahrts-, Erdöl- und Chemieindustrie deutlich erweitert. Ab dem 16. Juni 2025 fördern die Leistungsoptimierung und die Recyclingtechnologie der WCCoCr- Legierung (theoretische Recyclingrate >90 % ± 2 %) ihre breite Akzeptanz in der nachhaltigen Fertigung.

Hartmetall auf Titankarbidbasis (TiC -Basis)

Titankarbidbasiertes (TiC -basiertes) Hartmetall verwendet Titankarbid TiC (Härte > HV 2000 ± 50, theoretischer Gehalt 60–90 % ± 1 %) als harte Phase, kombiniert mit Nickel Ni, Molybdän Mo und anderen Bindephasen (theoretischer Gehalt 10–40 % ± 1 %) und ist bekannt für seine ausgezeichnete Hochtemperaturleistung (> 800 °C ± 10 °C), sein geringes Gewicht (Dichte 5 g/cm³

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

± 0,1 g/cm³) und hohe Härte (HV > 2000 ± 50). Dieses Legierungssystem wird häufig in anspruchsvollen Bereichen eingesetzt, beispielsweise bei Luftfahrtwerkzeugen (theoretische Lebensdauer > 5000 Stunden ± 500 Stunden), Hochtemperaturformen (theoretische Haltbarkeit > 10^5-mal ± 10^4-mal) und leichten Strukturteilen (theoretische Festigkeit > 1000 MPa ± 50 MPa). Die starke kovalente Bindung von TiC (theoretische Bindungsenergie TiC 500 kJ/mol ± 10 kJ/mol) verleiht ihm hervorragende Hochtemperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit, während die Bindungsphase die Zähigkeit des Materials durch Flüssigphasensintern optimiert (theoretische Bruchzähigkeit K_{1c} 6-10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5), wodurch ein Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit erreicht wird. Die geringen Dichteeigenschaften (5 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) verschaffen ihm einen erheblichen Leichtgewichtsvorteil in der Luft- und Raumfahrt, da das Gewicht im Vergleich zu herkömmlichen WC-basierten Legierungen (Dichte ~15 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) um etwa 66 % ± 2 % reduziert wird . Dieser Abschnitt geht von zwei Aspekten aus, TiCNi /Mo-Legierung und TiC-basierten Verbundwerkstoffen, analysiert eingehend ihre Hochtemperaturleistung und Leichtgewichtsvorteile und untersucht ihr Anwendungspotenzial in der modernen Industrie.

10.2.2.1 TiCNi /Mo-Legierung: Hochtemperaturbeständigkeit (>800 °C)

10.2.2.1.1 Grundlagen und Technologieübersicht zu Titancarbid-basiertem (TiC -basiertem) Hartmetall

Die TiCNi /Mo-Legierung wird durch ein pulvermetallurgisches Verfahren mit TiC (theoretischer Gehalt 60–80 % ± 1 %) als Hartphase hergestellt, kombiniert mit Ni (theoretischer Gehalt 10–30 % ± 1 %) und Mo (theoretischer Gehalt 2–10 % ± 0,1 %) als Bindephase. Mo bildet Mo_2C (theoretische Härte > HV 1500 ± 30) zur Erzielung einer Mischkristallverfestigung und Grenzflächenoptimierung (theoretische Bindungsfestigkeit > 100 MPa ± 10 MPa), was die Leistung der Legierung in Hochtemperaturumgebungen deutlich verbessert (theoretische Oxidationsgewichtszunahme < 0,5 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , Betriebstemperatur > 800 °C ± 10 °C). Als Hauptbindungsphase bildet Ni durch Flüssigphasensintern ein kontinuierliches Netzwerk (theoretischer Volumenanteil > 95 % ± 2 %) und sorgt so für hervorragende Zähigkeit (theoretische Bruchzähigkeit K_{1c}) . $_{6–8\ MPa}$ ·$m^{1/2}$ ± 0,5) und gleichzeitig eine hohe Härte von HV 1800–2000 ± 50. Diese Legierung soll den Anforderungen extremer Arbeitsbedingungen gerecht werden, beispielsweise bei Schneidwerkzeugen für Triebwerke in der Luft- und Raumfahrt (theoretische Einsatztemperatur > 1000 °C ± 10 °C, Lebensdauer > 5000 Std. ± 500 Std.) und Hochtemperaturformen (theoretische Haltbarkeit > 10^5-fach ± 10^4- fach) . Aufgrund ihres geringen Gewichts (Dichte ~ 5,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³) und ihrer hohen Temperaturstabilität bietet sie breite Anwendungsmöglichkeiten in der Luft- und Raumfahrt sowie im Energiesektor.

Der Herstellungsprozess erfolgt mittels Pulvermetallurgie, einschließlich Kugelmahlen, Kaltpressen und Vakuumsintern. Die Sintertemperatur liegt bei 1500 °C ± 10 °C und der Druck bei 50 MPa ± 1 MPa, um die Materialdichte (theoretische relative Dichte > 99,5 % ± 0,1 %) und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur sicherzustellen. Die Leistungstests erfolgen nach standardisierten Methoden, darunter ein Hochtemperatur-Oxidationstest (ASTM E1876,

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

theoretische Bedingungen 1000 °C ± 10 °C, Dauer 100 Stunden ± 10 Stunden), ein Vickers-Härtetest (ASTM E92, theoretische Belastung 10 kg ± 0,1 kg, Genauigkeit ± 50) und ein Verschleißtest (ASTM G99, theoretische Belastung 10 N ± 0,1 N, Genauigkeit ± 0,01 mm³/N·m). Beispielsweise beträgt die theoretische Gewichtszunahme von TiC20Ni5Mo (theoretische Korngröße 1 μm ± 0,01 μm) im Hochtemperaturoxidationstest 0,3 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , und die Härte erreicht HV 1900 ± 50, was die Anforderungen an die Hochtemperaturbeständigkeit von Schneidwerkzeugen für die Luftfahrt vollständig erfüllt. Darüber hinaus werden Rasterelektronenmikroskopie (SEM, theoretische Auflösung <0,1 μm ± 0,01 μm) und energiedispersive Spektroskopie (EDS) verwendet, um die Mikrostruktur und Elementverteilung zu analysieren, und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) überprüft den chemischen Zustand der Oxidschicht.

10.2.2.1.2 Mechanismus und Analyse von Hartmetall auf Titankarbidbasis (TiC -Basis)

Die TiCNi /Mo-Legierung basiert hauptsächlich auf dem Oxidationsverhalten von TiC und dem synergistischen Effekt von Mo und Ni. TiC oxidiert bei hohen Temperaturen (> 800 °C ± 10 °C) und bildet eine dichte TiO_2 -Schutzschicht. Die chemische Reaktion lässt sich wie folgt beschreiben:

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

Die TiO_2 -Schicht (theoretische Dicke 0,5 μm±0,1 μm) weist eine geringe Porosität und eine theoretische Sauerstoffdiffusionsrate von $<10^{-10}cm^2/s \pm 10^{-11}cm^2/$ s auf, wodurch eine weitere Oxidation im Material wirksam verlangsamt und die Gewichtszunahme durch Oxidation bei <0,5 mg/cm²±0,05 mg/cm² gehalten wird. Mo stärkt die Schnittstelle zwischen TiC und Ni durch Bildung von Mo_2C (theoretische Partikelgröße 0,1 μm±0,01 μm) bei 1000°C±10°C, wodurch die theoretische Verschleißrate um 20 % ± 3 % verringert und die Verschleißfestigkeit bei hohen Temperaturen verbessert wird. Ni erzeugt bei hohen Temperaturen eine NiO- Schicht (theoretische Dicke ~10 nm±1 nm), wodurch die Oxidationsreaktion weiter gehemmt wird (Gewichtszunahme <0,5 mg/cm² ± 0,05 mg/cm²) und zusammen mit der TiO_2 - Schicht ein doppelter Schutzmechanismus gebildet wird . Mit steigendem Mo-Gehalt steigt auch die Härte. Bei einem Mo-Gehalt von 5 % ± 0,1 % erreicht die theoretische Härte HV 1900 ± 50. Übersteigt der Mo-Gehalt jedoch 10 % ± 0,1 %, führt die übermäßige Bildung von Mo_2C zu einer theoretischen Abnahme der Bruchzähigkeit K_{1c} um 15 % ± 3 % (auf <5 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5), und die Mo-Zugabemenge muss optimiert werden.

Mikrostrukturanalyse: SEM-Beobachtung zeigt, dass die Kornverteilung von TiC20Ni5Mo gleichmäßig ist (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) und die Mo_2C-Partikel in die Schnittstelle eingebettet sind, um die Bindungsstärke zu verbessern. Die EDS-Analyse bestätigt die gleichmäßige Verteilung von Mo (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %), und XPS verifiziert die Bildung von TiO_2 (Ti2p-Peakposition ~459 eV ± 0,1 eV) und NiO . Der Hochtemperatur-Verschleißtest (ASTM G99) zeigt, dass die theoretische Verschleißrate von TiC20Ni5Mo 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m beträgt und damit besser ist als bei TiC20Ni ohne Mo-Zugabe (0,09 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m). Dies belegt die verstärkende Wirkung von Mo_2C. Bei einer Korngröße von >2 μm ± 0,01 μm erhöht sich die theoretische Oxidationsgewichtszunahme jedoch um 15 % ±

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

3 %. Dies ist auf die verringerte Schutzwirkung durch die Verringerung der Korngrenzen zurückzuführen, die durch Kornverfeinerung optimiert werden muss.

10.2.2.1.3 Analyse der Einflussfaktoren auf Titancarbid-basiertes (TiC -basiertes) Hartmetall

Die TiCNi /Mo-Legierung wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und eine Leistungsverbesserung muss durch Prozessoptimierung und Umweltkontrolle erreicht werden:

Mo-Inhalt
Bei einem Mo-Gehalt von 5 % ± 0,1 % sind Härte und Verschleißfestigkeit optimal (HV 1900 ± 50, Verschleißrate < 0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$). Bei einem Mo-Gehalt von > 10 % ± 0,1 % sinkt $K_{1}c$ theoretisch um 15 % ± 3 % (auf < 5 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) , und die Zugabemenge muss kontrolliert werden.

Ni-Gehalt
Bei einem Ni-Gehalt von 20 % ± 1 % ist die Zähigkeit optimal ($K_{1}c$ ~ 8 $MPa·m^{1}$ / ² ± 0,5) ; bei einem Ni-Gehalt von >30 % ± 1 % verringert sich die Härte theoretisch um 10 % ± 2 % (auf HV 1800 ± 50) und die Hochtemperaturbeständigkeit wird geschwächt.

Körnung
Bei einer Korngröße von 1–2 µm ± 0,01 µm ist die Gewichtszunahme durch Oxidation gering (< 0,3 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2) ; bei einer Korngröße von > 5 µm ± 0,01 µm erhöht sich die theoretische Gewichtszunahme um 15 % ± 3 %, und die Verschleißfestigkeit nimmt ab.

Sintertemperatur
Bei einer Sintertemperatur von 1500 °C ± 10 °C ist Mo_2C stabil und die Dichte beträgt >99,5 % ± 0,1 %. Wenn die Temperatur 1600 °C ± 10 °C übersteigt, erhöht sich die Zersetzungsrate von Mo_2C theoretisch um 5 % ± 1 %, was die Leistungskonstanz beeinträchtigt.

Umweltbedingungen
Bei einer Betriebstemperatur von >1000 °C ± 10 °C erhöht sich die theoretische Gewichtszunahme durch Oxidation um 20 % ± 3 % und die Stabilität der TiO_2 -Schicht muss verbessert werden ; bei einer Sauerstoffkonzentration von >21 % ± 1 % erhöht sich die Korrosionsrate um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise sinkt aufgrund des hohen Mo-Gehalts (10 % ± 0,1 %) von TiC20Ni10Mo der $K_{1}c$-Wert auf 5 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5 und die Hochtemperaturbeständigkeit wird nicht weiter verbessert, sodass eine Optimierung auf 2–5 % ± 0,1 % erforderlich ist.

10.2.2.1.4 Optimierungsstrategie für Titancarbid-basiertes (TiC -basiertes) Hartmetall

Um eine Härte > HV 1800 ± 50 und eine Oxidationsgewichtszunahme < 0,5 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 zu erreichen , werden folgende Optimierungsstrategien empfohlen:

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

Zutatenoptimierung

Der Mo-Gehalt beträgt 2–5 % ± 0,1 %, der Ni-Gehalt 15–20 % ± 1 %, wodurch Härte und Zähigkeit ausgeglichen werden.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wird auf 1–2 μm ± 0,01 μm kontrolliert und das Kornwachstum wird durch Verringerung der Sintertemperaturschwankungen (± 5 °C) reduziert, um die Hochtemperaturleistung zu verbessern.

Sinterprozess

Die Sintertemperatur beträgt 1500 °C ± 10 °C und der Druck 50 MPa ± 1 MPa, wodurch sichergestellt wird, dass die Dichte >99,5 % ± 0,1 % ist und das Mo_2C gleichmäßig verteilt ist (Abweichung <0,1 % ± 0,02 %); Ar (Sauerstoffgehalt <0,01 % ± 0,001 %) wird als Sinteratmosphäre verwendet, um die Oxidation zu verhindern.

Oberflächenbehandlung

Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm kontrolliert, die Integrität der TiO_2- und NiO- Schichten verbessert und die Oxidationsrate theoretisch um 10 % ± 2 % reduziert.

Testspezifikationen

durch ASTM E1876 (Hochtemperaturoxidation, 1000 °C ± 10 °C), ASTM G99 (Verschleißverhalten, Last 10 N ± 0,1 N) und ASTM E92 (Härteprüfung , Last 10 kg ± 0,1 kg); ergänzt durch SEM und XPS zur Analyse der Mikrostruktur.

Beispielsweise hat TiC20Ni5Mo (theoretische Korngröße 1 μm±0,01 μm , Oberfläche Ra<0,05 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1900±50 und eine Oxidationsgewichtszunahme von 0,3 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , was den Anforderungen von Luftfahrtwerkzeugen entspricht.

Technische Anwendungen von Hartmetall
auf Titankarbidbasis (TiC -Basis)

Die TiCNi /Mo-Legierung bietet aufgrund ihrer hervorragenden Hochtemperaturbeständigkeit hervorragende Leistung in den Bereichen Luftfahrt und Energie. Ihr Anwendungsbereich umfasst folgende Szenarien:

Luftfahrtwerkzeuge

TiC20Ni5Mo (theoretischer Mo-Gehalt 5 % ± 0,1 %, Korngröße 1 μm ± 0,01 μm) hat eine Härte von HV 1900 ± 50, eine Oxidationsgewichtszunahme von 0,3 mg/cm² ± 0,05 mg/cm² , eine theoretische Lebensdauer von > 5000 Stunden ± 500 Stunden, ist zum Schneiden von Flugzeugtriebwerksschaufeln geeignet und hält hohen Temperaturen von > 1000 °C ± 10 °C stand.

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

Hochtemperaturform

TiC15Ni5Mo (theoretischer Mo-Gehalt 5 % ± 0,1 %, Korngröße 1 μm ± 0,01 μm) hat eine Verschleißrate von 0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$ und eine theoretische Lebensdauer von $>10^5$-fach ± 10^4-fach. Es wird häufig in Hochtemperatur-Schmiedegesenken verwendet.

Gasturbine

TiC20Ni2Mo (theoretischer Mo-Gehalt 2 % ± 0,1 %, Oberflächenrauheit Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm) hat eine Oxidationsgewichtszunahme von 0,3 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 und eine theoretische Lebensdauer von > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden, was für Gasturbinenschaufeln geeignet ist.

10.2.2.2 TiC -basierte Verbundwerkstoffe: geringes Gewicht und hohe Härte

10.2.2.2.1 Grundlagen und Technologieübersicht TiC -basierter Verbundwerkstoffe

Verbundwerkstoffe auf TiC -Basis werden pulvermetallurgisch aus TiC (theoretischer Gehalt 70–90 % ± 1 %) als harter Kernphase, kombiniert mit Ni (theoretischer Gehalt 10–20 % ± 1 %), Mo (theoretischer Gehalt 2–5 % ± 0,1 %) und weiteren Additiven (wie Al_2O_3 , theoretischer Gehalt 1–5 % ± 0,1 %), hergestellt. Dieses Material ist bekannt für sein geringes Gewicht (theoretische Dichte 5 g/cm^3 ± 0,1 g/cm^3) und seine hohe Härte (HV > 2000 ± 50) und eignet sich für Szenarien, die eine hohe Festigkeit und eine geringe Dichte erfordern, wie etwa Strukturteile für die Luftfahrt (theoretische Festigkeit > 1000 MPa ± 50 MPa) und leichte Formen (theoretische Haltbarkeit > 10^6-mal ± 10^5-mal). Die niedrige Dichte (4,93 g/cm^3 ± 0,05 g/cm^3) und die hohe kovalente Bindungsenergie (500 kJ/mol ± 10 kJ/mol) von TiC bilden die Grundlage für sein geringes Gewicht. Al_2O_3 verbessert die Festigkeit und Verschleißfestigkeit des Materials zusätzlich durch Partikeldispersionsverfestigung (theoretische Härte > HV 1800 ± 50), und Ni verbessert die Grenzflächenbindung (theoretische Bindungsfestigkeit > 100 MPa ± 10 MPa) und Zähigkeit (theoretischer K_1 c 6-10 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) durch Flüssigphasensintern.

Der Herstellungsprozess umfasst Kugelmahlen, Kaltpressen und Vakuumsintern. Die Sintertemperatur liegt bei 1500 °C ± 10 °C und der Druck bei 50 MPa ± 1 MPa, um eine Dichte von >99,5 % ± 0,1 % zu gewährleisten. Die Leistungsprüfung erfolgt mit dem Archimedischen Verfahren zur Messung der Dichte (Genauigkeit ± 0,01 g/cm^3) , der Vickers-Härteprüfung (ASTM E92, Belastung 10 kg ± 0,1 kg, Genauigkeit ± 50) und der Bruchzähigkeitsprüfung (ISO 28079, Genauigkeit ± 0,5 $MPa· m^2$) . Beispielsweise weist TiC15Ni2Al_2O_3 (theoretische Korngröße 1 μm±0,01 μm) eine Dichte von 5,2 g/cm^3 ± 0,1 g/cm^3 , eine Härte von HV 2100±50 und eine Festigkeit von >1000 MPa±50 MPa auf, was den Anforderungen an Strukturteile in der Luftfahrt entspricht. Mittels SEM- und EDS-Analysen wurden die Mikrostruktur und Elementverteilung verifiziert, mittels XPS wurde die chemische Stabilität von TiC verifiziert .

10.2.2.2.2 Mechanismus und Analyse von TiC -basierten Verbundwerkstoffen

TiC -basierte Verbundwerkstoffe entstehen durch den synergetischen Effekt des kovalenten

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

Netzwerks von TiC (theoretische Gitterkonstante 4,3 Å ± 0,01 Å) und von Additiven. Die kovalenten Bindungen von TiC sorgen für eine Härte von >HV 2000±50, und Al_2O_3 verbessert die Festigkeit des Materials (>1000 MPa±50 MPa) durch Verstärkung der Partikeldispersion (theoretische Partikelgröße 0,5 μm±0,01 μm), und seine Härte (>HV 1800±50) erhöht die Verschleißfestigkeit weiter. Ni stärkt die Grenzflächenbindung (theoretischer Wert >100 MPa±10 MPa) durch Bildung eines kontinuierlichen Netzwerks (theoretischer Volumenanteil >95 %±2 %), und die Bruchzähigkeit K_{1c} erreicht theoretisch 8 MPa·m¹ /² ± 0,5. Die Dichte des Materials wird durch den Volumenanteil der Komponenten bestimmt und kann näherungsweise wie folgt berechnet werden:

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

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

Die SEM-Analyse zeigt, dass die Al_2O_3 -Partikel von TiC15Ni2Al_2O_3 gleichmäßig verteilt sind (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) und das Ni-Netzwerk kontinuierlich ist (> 95 % ± 2 %), was die Gesamtstabilität des Materials verbessert. EDS bestätigt, dass der Al_2O_3 -Gehalt 2 % ± 0,1 % beträgt, und XPS verifiziert die chemische Stabilität von TiC (Ti 2p-Peakposition ~ 455 eV ± 0,1 eV). Verschleißtests (ASTM G99) zeigen, dass die theoretische Verschleißrate 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m beträgt, was besser ist als bei TiC15Ni ohne Al_2O_3 -Zugabe (0,08 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m). Wenn die Korngröße jedoch auf >2 μm±0,01 μm ansteigt , sinkt K_{1c} theoretisch um 10 %±2 % (auf <7 MPa·m¹ /² ± 0,5) und muss durch Kornverfeinerung optimiert werden.

10.2.2.2.3 Analyse der Einflussfaktoren auf TiC -basierte Verbundwerkstoffe Die Leistungsfähigkeit von

TiC -basierten Verbundwerkstoffen wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Durch Prozessoptimierung muss ein Gleichgewicht zwischen geringem Gewicht und hoher Härte erreicht werden:

TiC- Gehalt

Bei einem TiC- Gehalt von 80 % ± 1 % ist die Härte am höchsten (HV 2100 ± 50); bei einem TiC-Gehalt von > 90 % ± 1 % ist $K_{1c\ theoretisch}$ um 15 % ± 3 % (auf < 5 MPa·m¹ /² ± 0,5) ab und die Zähigkeit ist unzureichend.

Al_2O_3 -Gehalt

einem Al_2O_3 -Gehalt von 2 % ± 0,1 % ist die Festigkeit optimal (> 1000 MPa ± 50 MPa); bei einem Al_2O_3 -Gehalt von > 5 % ± 0,1 % sinkt K_{1c} theoretisch um 10 % ± 2 % (auf < 6 MPa·m¹ /² ± 0,5) und es kommt leicht zu Sprödbrüchen.

Körnung

Bei einer Korngröße von 1–2 μm ± 0,01 μm sind Härte und Verschleißfestigkeit optimal; bei einer

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

Korngröße von > 5 μm ± 0,01 μm erhöht sich die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 % und K_1 c verringert sich.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1500 °C ± 10 °C ist die Dichte stabil (> 99,5 % ± 0,1 %); wenn sie 1600 °C ± 10 °C übersteigt, erhöht sich die Entmischungstheorie um 5 % ± 1 %, was die Leistungskonsistenz beeinträchtigt.

Ladebedingungen

Bei einer Arbeitslast von >1000 MPa±50 MPa weist TiC15Ni2Al_2O_3 eine hervorragende Festigkeit und Haltbarkeit auf.

Beispielsweise weist TiC10Ni5Al_2O_3 einen hohen Al_2O_3- Gehalt (5 %±0,1 %) auf, und sein K_{1c}-Wert sinkt auf 5 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, was auf 1–2 %±0,1 % optimiert werden muss.

10.2.2.2.4 Optimierungsstrategie für TiC -basierte Verbundwerkstoffe

Um eine Härte > HV 2000 ± 50 und eine Dichte < 5,5 g/cm^3 ± 0,1 g/cm^3 zu erreichen , wird folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Zutatenoptimierung

Der TiC- Gehalt beträgt 70–80 % ± 1 %, der Al_2O_3 -Gehalt 1–2 % ± 0,1 % und der Ni-Gehalt 10–15 % ± 1 %, wodurch geringes Gewicht und Robustheit gewährleistet werden.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wird auf 1–2 μm ± 0,01 μm kontrolliert und das Kornwachstum wird durch Verringerung der Schwankung der Sintertemperatur (± 5 °C) reduziert, um Härte und Zähigkeit auszugleichen.

Sinterprozess

Die Sintertemperatur beträgt 1500 °C ± 10 °C und der Druck 50 MPa ± 1 MPa, wodurch eine Dichte von >99,5 % ± 0,1 % und eine gleichmäßige Verteilung von Al_2O_3 (Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) gewährleistet wird .

Oberflächenbehandlung

Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm kontrolliert , die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 % reduziert und die Oberflächenhaltbarkeit verbessert.

Testspezifikationen

nach ASTM E92 (Härteprüfung, Belastung 10 kg ± 0,1 kg), ISO 28079 (Bruchzähigkeit, Genauigkeit ± 0,5 MPa·$m^{1/2}$) und Archimedes-Methode (Dichte, Genauigkeit ± 0,01 g/cm^3) ; SEM und EDS wurden zur Analyse der Mikrostruktur verwendet.

Beispielsweise weist TiC15Ni2Al_2O_3 (theoretische Korngröße 1 μm±0,01 μm , Oberflächen-Ra

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

<0,05 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 2100±50 und eine Dichte von 5,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ auf , was den Anforderungen an Strukturteile in der Luftfahrt entspricht.

10.2.2.2.5 Technische Anwendungen von TiC -basierten Verbundwerkstoffen

TiC -basierte Verbundwerkstoffe zeichnen sich aufgrund ihres geringen Gewichts und ihrer hohen Härte durch hervorragende Leistung in der Luftfahrt und der Fertigung aus. Ihr Anwendungsbereich umfasst folgende Szenarien:

Luftfahrtstrukturteile

TiC15Ni2Al$_2$O$_3$ (theoretische Dichte 5,2 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ , Korngröße 1 μm±0,01 μm) hat eine Festigkeit >1000 MPa±50 MPa und eine theoretische Lebensdauer >10⁴ Stunden±10³ Stunden, geeignet für Flugzeugrumpf- und Motorkomponenten.

Leichte Form

TiC10Ni2Al$_2$O$_3$ (theoretische Härte HV 2100±50, Korngröße 1 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Haltbarkeit von >10⁶-mal±10⁵-mal und wird häufig in Präzisionsstanzwerkzeugen verwendet.

Hochtemperaturwerkzeuge

TiC15Ni1Al$_2$O$_3$ (theoretischer Mo-Gehalt 1 % ± 0,1 %, Oberflächenrauheit Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm), Verschleißrate 0,05 mm³ /N·m ± 0,01 mm³/N·m, theoretische Lebensdauer > 5000 Stunden ± 500 Stunden, geeignet zum Schneiden bei hohen Temperaturen.

10.2.3 Mehrphasige Karbidlegierungen

Mehrphasige Hartmetalllegierungen kombinieren harte Phasen wie Wolframkarbid WC, Titankarbid TiC , Tantalkarbid TaC (theoretischer Gesamtgehalt 70–90 % ± 1 %) und Bindephasen wie Kobalt Co und Nickel Ni (theoretischer Gehalt 10–30 % ± 1 %) und optimieren durch den synergistischen Effekt zwischen den Phasen die Verschleißfestigkeit (theoretische Verschleißrate < 0,06 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m), Zähigkeit (theoretische Bruchzähigkeit K$_{1}$c 10–15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) und Hochtemperaturleistung (> 800 °C ± 10 °C). Dieses Legierungssystem wird häufig in anspruchsvollen Bereichen eingesetzt, beispielsweise bei Luftfahrtwerkzeugen (theoretische Lebensdauer > 5000 Stunden ± 500 Stunden), Ölbohrwerkzeugen (theoretische Schlagzähigkeitszeiten > 10⁶-mal ± 10⁵- mal) und Hochtemperaturformen (theoretische Haltbarkeitszeiten > 10⁵-mal ± 10⁴- mal) . Die Kompatibilität mehrphasiger Komponenten (theoretische Löslichkeit < 5 % ± 0,1 %) und die Kostenkontrolle (< 15 USD/kg ± 0,5 USD/kg) sind wichtige Überlegungen bei ihrer Konstruktion und Anwendung und durch Prozessoptimierung muss ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Wirtschaftlichkeit erreicht werden. In diesem Abschnitt werden die Leistungsvorteile mehrphasiger Systeme und ihr technisches Anwendungspotenzial aus zwei Blickwinkeln analysiert: der synergetischen Wirkung von WCTiCTaCCo- Legierungen und anderen Carbiden (wie NbC und VC).

10.2.3.1 WCTiCTaCCo : Gleichgewicht zwischen Verschleißfestigkeit und Zähigkeit (K $_{1}$ c 10-

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

15 MPa·m ¹ / ²)

10.2.3.1.1 Grundlagen und Technologieübersicht von WCTiCTaCCo -Hartmetall

WCTiCTaCCo wird durch ein pulvermetallurgisches Verfahren mit WC (theoretischer Gehalt 50–70 % ± 1 %) als Haupthartphase hergestellt, ergänzt durch TiC (theoretischer Gehalt 5–20 % ± 0,1 %) und TaC (theoretischer Gehalt 2–10 % ± 0,1 %) sowie Co (theoretischer Gehalt 10–20 % ± 1 %) als Bindephase. TiC verbessert die Härte der Legierung durch Mischkristallverfestigung (theoretischer Bereich HV 1600–1800 ± 30), TaC verbessert die Gleichmäßigkeit und Verschleißfestigkeit des Materials, indem es das Wachstum von WC-Körnern hemmt (theoretische Korngröße 0,5–2 μm ± 0,01 μm), und Co bildet durch Flüssigphasensintern ein kontinuierliches Netzwerk (theoretischer Volumenanteil > 95 % ± 2 %), um die Zähigkeit sicherzustellen (theoretischer K_{1c} $_{10–15}$ MPa ·m¹ /² ± 0,5). Die Legierung ist auf hervorragende Verschleißfestigkeit (theoretische Verschleißrate <0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m) und Schlagfestigkeit (theoretische Schlagfestigkeit >10⁶-fach ± 10⁵-fach) ausgelegt und eignet sich daher für komplexe Arbeitsbedingungen, wie z. B. bei Schneidwerkzeugen für die Luftfahrt (theoretische Lebensdauer >5000 Stunden ± 500 Stunden) und Ölbohrwerkzeugen (theoretische Haltbarkeit >10⁴Stunden ± 10³ Stunden) .

Der Herstellungsprozess umfasst Hochenergie-Kugelmahlen, Kaltpressen und Vakuumsintern. Die Sintertemperatur wird auf 1450 °C ± 10 °C und der Druck auf 50 MPa ± 1 MPa geregelt, um die Dichte des Materials (theoretische relative Dichte > 99,5 % ± 0,1 %) und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur sicherzustellen. Die Leistungstests werden mit standardisierten Methoden durchgeführt, darunter Vickers-Härteprüfung (ASTM E92, theoretische Belastung 10 kg ± 0,1 kg, Genauigkeit ± 30), Verschleißfestigkeitsprüfung (ASTM G65, theoretische Belastung 130 N ± 1 N, Genauigkeit ± 0,01 mm³ /N·m) und Bruchzähigkeitsprüfung (ISO 28079, Genauigkeit ± 0,5 MPa·m¹/ ²) . Beispielsweise hat WC10TiC5TaC10Co (theoretische Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1700±30, eine Bruchzähigkeit von 12 MPa·m¹ /² ± 0,5 und eine theoretische Verschleißrate von 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, womit es die hohen Leistungsanforderungen von Luftfahrtwerkzeugen und Ölbohrwerkzeugen voll erfüllt. Rasterelektronenmikroskopie (REM, theoretische Auflösung <0,1 μm±0,01 μm) und energiedispersive Spektroskopie (EDS) werden verwendet, um die Mikrostruktur und Elementverteilung zu analysieren und so die Homogenität der Mehrphase sicherzustellen.

10.2.3.1.2 Mechanismus und Analyse von WCTiCTaCCo -Hartmetall

Die WCTiCTaCCo- Legierung entsteht durch den synergistischen Effekt verschiedener Phasen. TiC verbessert die Härte der Legierung durch Mischkristallverfestigung (theoretische Gitterkonstante 4,3 Å ± 0,01 Å) , und der theoretische Wert wird um etwa 10 % ± 2 % erhöht, wodurch HV 1600–1800 ± 30 erreicht wird. TaC hemmt das WC-Kornwachstum in Form einer Ausscheidungsphase (theoretische Partikelgröße 0,1 μm ± 0,01 μm), erhöht die Korngrenzendichte (theoretischer Wertanstieg um 20 % ± 3 %, > 10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) und reduziert dadurch die Verschleißrate (theoretischer Wert < 0,06 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m). Die plastische Deformationsfähigkeit von

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

Co (theoretische Dehnung 1 % ± 0,1 %) erhöht die Zähigkeit durch Absorption von Aufprallenergie (theoretischer Wert > 50 J/m² ± 5 J/m²) , und die Bruchzähigkeit erreicht theoretisch 12 MPa·m² ± 0,5. Die Verschleißrate lässt sich ungefähr wie folgt ausdrücken:

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

其中，$V < 0.06\,\mathrm{mm^3/N\backslash cdotpm} \pm 0.01\,\mathrm{mm^3/N\backslash cdotpm}$，$\rho \approx 14\,\mathrm{g/cm^3} \pm 0.1\,\mathrm{g/cm^3}$ 为密度，P 为载荷，H 为硬度，k 为磨损系数。然而，当TaC含量超过10%±0.1%时，过量TaC可能导致K_{1c}理论下降10%±2%（至<10 MPa·m¹/²±0.5），需优化含量以平衡性能。

Die Mikrostrukturanalyse mittels SEM zeigt, dass die TaC- Partikel von WC10TiC5TaC10Co gleichmäßig verteilt sind (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) und das Co-Netzwerk kontinuierlich ist (> 95 % ± 2 %), was die Gesamtstabilität des Materials verbessert. Die EDS-Analyse bestätigt die gleichmäßige Verteilung von TiC und TaC (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %). Verschleißtests (ASTM G65) zeigen eine theoretische Verschleißrate von 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, was besser ist als die von einphasigem WC10Co (0,08 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), was den verstärkenden Effekt der Mehrphasensynergie belegt. Wenn die Korngröße jedoch auf >2 μm ± 0,01 μm ansteigt , erhöht sich die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 %, was auf die Verringerung der Verschleißfestigkeit aufgrund der Verringerung der Korngrenzen zurückzuführen ist und die Körner durch Prozesssteuerung verfeinert werden müssen.

10.2.3.1.3 Analyse der Faktoren, die die Hartlegierung WCTiCTaCCo beeinflussen

Die WCTiCTaCCo- Legierung wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und das Gleichgewicht zwischen Verschleißfestigkeit und Zähigkeit muss durch Prozessoptimierung erreicht werden:

TiC- Gehalt

Bei einem TiC- Gehalt von 10 % ± 0,1 % ist die Härte am höchsten (HV 1700 ± 30); bei einem TiC-Gehalt von Gehalt ist >20 % ± 0,1 %, $K_{1c\ theoretisch}$ um 10 % ± 2 % (auf < 10 MPa·m¹ /² ± 0,5) ab und $_{die}$ Zähigkeit ist unzureichend.

Inhalt der AGB

$_{am}$ besten; wenn der TaC -Gehalt >10 % ± 0,1 % ist, $K_{1c\ theoretisch}$ um 15 % ± 3 % (auf < 8 MPa· m¹ / ² ± 0,5) ab, und die Zugabemenge muss kontrolliert werden.

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 10 % ± 1 % ist die Zähigkeit optimal (K_{1c} ~ 12 MPa·m¹ / ² ± 0,5) ; bei einem Co-Gehalt von >20 % ± 1 % verringert sich die Härte theoretisch um 10 % ± 2 % (auf HV 1600 ± 30) und die Verschleißfestigkeit nimmt ab.

Körnung

Bei einer Korngröße von 0,5–1 μm ± 0,01 μm ist die Verschleißfestigkeit optimal (Verschleißrate <

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

0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m); bei einer Korngröße von > 2 µm ± 0,01 µm erhöht sich die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 %.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1450 °C ± 10 °C beträgt die Dichte > 99,5 % ± 0,1 % und die Mehrphasenverteilung ist gleichmäßig; wenn sie 1500 °C ± 10 °C überschreitet, erhöht sich die Entmischungstheorie um 5 % ± 1 %, was die Leistungskonsistenz beeinträchtigt.

Umweltbedingungen

Bei Temperaturen über 1000 °C ± 10 °C erhöht sich die Verschleißrate theoretisch um 15 % ± 3 %, und die Stabilität der Co-Phase muss verbessert werden.

Beispielsweise hat WC15TiC10TaC10Co einen hohen TaC -Gehalt (10 % ± 0,1 %) und sein K_{1c} sinkt auf 8 MPa·m¹ /² ± 0,5, was die Schlagzähigkeit verringert und auf 2–5 % ± 0,1 % optimiert werden muss.

10.2.3.1.4 Optimierungsstrategie für WCTiCTaCCo -Hartmetall

Um eine Härte > HV 1600 ± 30, K_{1c} > 10 MPa·m ¹ / ² ± 0,5 zu erreichen, wird folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Zutatenoptimierung

TiC -Gehalt 5–10 % ± 0,1 %, TaC -Gehalt 2–5 % ± 0,1 %, Co-Gehalt 10–15 % ± 1 %, Ausgleich von Härte und Zähigkeit.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wird auf 0,5–1 µm ± 0,01 µm kontrolliert und das Kornwachstum wird durch Verringerung der Sintertemperaturschwankungen (± 5 °C) reduziert, um die Verschleißfestigkeit zu verbessern.

Sinterprozess

Die Sintertemperatur beträgt 1450 °C ± 10 °C und der Druck 50 MPa ± 1 MPa, wodurch eine Dichte von > 99,5 % ± 0,1 % und eine gleichmäßige Mehrphasenverteilung (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %) sichergestellt werden. Argon (Sauerstoffgehalt < 0,01 % ± 0,001 %) wird als Sinteratmosphäre verwendet, um die Oxidation zu verhindern.

Oberflächenbehandlung

Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 µm ± 0,01 µm kontrolliert , die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 % reduziert und die Oberflächenhaltbarkeit verbessert.

Testspezifikationen

nach ASTM G65 (Verschleißverhalten, Belastung 130 N ± 1 N), ISO 28079 (Bruchzähigkeit, Genauigkeit ± 0,5 MPa·m¹ / ²) und ASTM E92 (Härteprüfung, Belastung 10 kg ± 0,1 kg); zur Analyse der Mikrostruktur wurden SEM und EDS verwendet.

Beispielsweise hat WC10TiC5TaC10Co (theoretische Korngröße 0,5 µm±0,01 µm , Oberfläche

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

Ra<0,05 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1700±30 und K_{1} c 12 MPa·m^{1} /² ± 0,5, was den Anforderungen von Luftfahrtwerkzeugen entspricht.

10.2.3.1.5 Technische Anwendung von WCTiCTaCCo- Hartmetall

Die WCTiCTaCCo- Legierung zeichnet sich durch ihre hervorragende Kombination aus Verschleißfestigkeit und Zähigkeit in der Luftfahrt und Erdölindustrie aus. Ihr Anwendungsbereich umfasst folgende Szenarien:

Luftfahrtwerkzeuge
WC10TiC5TaC10Co (theoretische Härte HV 1700±30, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Lebensdauer von >5000 Stunden±500 Stunden, eignet sich zum Schneiden von Flugzeugtriebwerken und hält hohen Temperaturen von >800°C±10°C stand.

Werkzeuge für die Ölbohrung
WC10TiC2TaC15Co (theoretischer K_{1} c 12 MPa·m^{1} /² ± 0,5, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Schlagzähigkeit von >10^{6}-fach ± 10^{5}-fach und ist damit für die Umgebung mit hoher Schlagzähigkeit bei der Ölförderung geeignet.

Hochtemperaturform
WC5TiC5TaC10Co (theoretische Verschleißrate 0,05 mm^{3}/N·m ± 0,01 mm^{3}/N·m, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Lebensdauer von >10^{5}-fach±10^{4}-fach und wird häufig beim Hochtemperaturschmieden verwendet.

10.2.3.2 Synergistische Effekte anderer Carbide (NbC , VC)

10.2.3.2.1 Grundlagen und technischer Überblick

NbC (theoretische Härte > HV 1800±50, Gehalt 2–10±0,1 %) und VC (theoretische Härte > HV 2000±50, Gehalt 0,5–5±0,1 %) verbessern als additive Phasen die Verschleißfestigkeit (theoretische Verschleißrate < 0,06 mm^{3}/N·m ± 0,01 mm^{3}/N·m) und Hochtemperaturstabilität (> 800 °C ± 10 °C) mehrphasiger Hartmetalllegierungen durch Kornverfeinerung (theoretische Größe 0,5–1 μm ± 0,01 μm) und Mischkristallverfestigung. NbC erhöht die Zähigkeit durch Gitteranpassung (theoretischer K_{1c}-Wert steigt um 10±2 %), und VC verbessert Härte und Verschleißfestigkeit durch Hemmung des Kornwachstums (theoretische Korngrenzendichte steigt um 20±3 %, >10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) . Dieses Legierungssystem eignet sich für Szenarien, die eine hohe Haltbarkeit erfordern, wie z. B. Hochtemperatur-Schneidwerkzeuge (theoretische Lebensdauer >5000±500 Stunden) und verschleißfeste Beschichtungssubstrate (theoretische Haftung >50±5 MPa). Im Vergleich zu einphasigen Legierungen ist die Gesamtleistung um etwa 15±2 % verbessert.

Der Herstellungsprozess erfolgt mittels Pulvermetallurgie, die Sintertemperatur liegt bei 1450 °C ± 10 °C, der Druck beträgt 50 MPa ± 1 MPa und die Dichte ist auf > 99,5 % ± 0,1 % gewährleistet.

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

Zu den Leistungstests gehören ein Vickers-Härtetest (ASTM E92, Belastung 10 kg ± 0,1 kg, Genauigkeit ± 30), ein Verschleißleistungstest (ASTM G65, Belastung 130 N ± 1 N, Genauigkeit ± 0,01 $mm^3/N·m$) und ein Hochtemperatur-Oxidationstest (ASTM E1876, 1000 °C ± 10 °C, Dauer 100 Stunden ± 10 Stunden). Beispielsweise weist WC5NbC0,5VC10Co (theoretische Korngröße 0,5 μm ± 0,01 μm) eine Härte von HV 1750 ± 30, eine theoretische Verschleißrate von 0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$ und eine Oxidationsgewichtszunahme von <0,5 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 auf und erfüllt damit die Anforderungen an Hochtemperaturwerkzeuge. Mittels SEM- und EDS-Analyse werden die Mikrostruktur und die Elementverteilung überprüft.

10.2.3.2.2 Mechanismus und Analyse Die Gitteranpassung von

NbC (theoretische Gitterkonstante 4,5 Å ± 0,01 Å) verbessert die Bindungsstärke der WC- und Co-Grenzfläche (theoretischer Wert > 120 MPa ± 10 MPa), wodurch die Bruchzähigkeit K_{1c} theoretisch um $_{10\ \%}$ ± 2 % (auf > 12 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) erhöht wird. VC hemmt das Kornwachstum durch die Ausscheidungsphase (theoretische Größe 0,1 μm ± 0,01 μm), erhöht die Korngrenzendichte (theoretischer Wertanstieg 20 % ± 3 %) und erhöht die Härte theoretisch um 10 % ± 2 % (auf HV 1750 ± 30). Hochtemperaturoxidationstests zeigen, dass NbC Nb_2O_5 (theoretische Dicke 0,5 ± 0,1 μm) und VC V_2O_5 (theoretische Dicke 0,3 ± 0,1 μm) bildet. Die Doppeloxidschicht hält die Oxidationsgewichtszunahme bei <0,5 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 und verbessert so die Hochtemperaturstabilität. Bei einem NbC- Gehalt von 5 % ± 0,1 % und einem VC-Gehalt von 0,5 % ± 0,1 % erreicht die theoretische Verschleißrate 0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$; Wenn der NbC-Gehalt jedoch >10 % ± 0,1 % beträgt, verringert sich die Bruchzähigkeit $K_{1c\ theoretisch}$ um 10 % ± 2 % (auf <10 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5), und die Zugabemenge muss optimiert werden.

Die SEM-Analyse zeigt, dass die NbC- und VC-Partikel von WC5NbC0,5VC10Co gleichmäßig verteilt sind (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) und das Co-Netzwerk kontinuierlich ist (> 95 % ± 2 %), was die Gesamtstabilität des Materials erhöht. EDS bestätigt die gleichmäßige Verteilung von Nb und V (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %). Verschleißtests (ASTM G65) zeigen eine theoretische Verschleißrate von 0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, was besser ist als bei WC10Co (0,08 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$), was die verstärkende Wirkung von NbC und VC belegt. Wenn die Korngröße jedoch auf >2 μm±0,01 μm ansteigt , verringert sich die Verschleißfestigkeit theoretisch um 10 %±2 %, und die Körner müssen durch Prozesskontrolle verfeinert werden.

10.2.3.2.3 Analyse der Einflussfaktoren Die Leistungsfähigkeit von

NbC- und VC-Legierungen wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Es ist notwendig, durch Prozessoptimierung ein Gleichgewicht zwischen Verschleißfestigkeit und Zähigkeit zu erreichen:

NbC -Inhalt

Bei einem NbC- Gehalt von 5 % ± 0,1 % ist die Zähigkeit optimal (K_{1c} erhöht sich um 10 % ± 2 %). Bei einem NbC- Gehalt von > 10 % ± 0,1 % ist die Bruchzähigkeit $K_{1c\ theoretisch}$ um 10 % ± 2 % (auf < 10 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) ab.

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

VC-Inhalte

Bei einem VC-Gehalt von 0,5 % ± 0,1 % ist die Härte am höchsten (HV 1750 ± 30); bei einem VC-Gehalt von > 5 % ± 0,1 % ist die Bruchzähigkeit $K_{1c\ theoretisch}$ um 15 % ± 3 % (auf < 7 MPa·m¹ / ² ± 0,5) ab, und die Zugabemenge muss kontrolliert werden.

Körnung

Bei einer Korngröße von 0,5–1 µm ± 0,01 µm ist die Verschleißfestigkeit optimal (Verschleißrate < 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), bei einer Korngröße von > 2 µm ± 0,01 µm erhöht sich die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 %.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1450 °C ± 10 °C beträgt die Dichte > 99,5 % ± 0,1 % und NbC und VC sind gleichmäßig verteilt; wenn die Temperatur 1500 °C ± 10 °C überschreitet, erhöht sich die Entmischungstheorie um 5 % ± 1 %, was die Leistungskonsistenz beeinträchtigt.

Umweltbedingungen

Bei einer Höchsttemperatur von >1000 °C ± 10 °C erhöht sich die theoretische Gewichtszunahme durch Oxidation um 15 % ± 3 %, und die Stabilität der Oxidschicht muss verbessert werden; bei einer Sauerstoffkonzentration von >21 % ± 1 % erhöht sich die Verschleißrate um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise hat WC10NbC5VC10Co einen hohen VC-Gehalt (5 % ± 0,1 %) und seine Bruchzähigkeit $K_{1c\ sinkt\ auf}$ 7 MPa·m¹ / ² ± 0,5 , was die Schlagzähigkeit verringert und auf 0,5 % - 1 % ± 0,1 % optimiert werden muss.

10.2.3.2.4 Optimierungsstrategie

Um eine Härte > HV 1700 ± 30 und eine Verschleißrate < 0,06 mm³ /N·m ± 0,01 mm³/N·m zu erreichen, wird folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Zutatenoptimierung

Der NbC -Gehalt beträgt 2–5 % ± 0,1 %, der VC-Gehalt 0,5–1 % ± 0,1 %, wodurch Härte und Zähigkeit ausgeglichen werden.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wird auf 0,5–1 µm ± 0,01 µm kontrolliert und das Kornwachstum wird durch Verringerung der Sintertemperaturschwankungen (± 5 °C) reduziert, um die Verschleißfestigkeit zu verbessern.

Sinterprozess

Die Sintertemperatur beträgt 1450 °C ± 10 °C und der Druck 50 MPa ± 1 MPa, wodurch eine Dichte von >99,5 % ± 0,1 % und eine gleichmäßige Verteilung von NbC und VC (Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) sichergestellt wird. Argon (Sauerstoffgehalt <0,01 % ± 0,001 %) wird als Sinteratmosphäre verwendet, um die Oxidation zu verhindern.

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

Oberflächenbehandlung

Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm ± 0,01 μm kontrolliert , die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 % reduziert und die Oberflächenhaltbarkeit verbessert.

Testspezifikationen

Die Leistung wurde durch ASTM G65 (Verschleißverhalten, Belastung 130 N±1 N), ASTM E1876 (Hochtemperaturoxidation, 1000 °C±10 °C) und ASTM E92 (Härteprüfung, Belastung 10 kg±0,1 kg) überprüft; ergänzt durch SEM und EDS zur Analyse der Mikrostruktur.

Beispielsweise weist WC5NbC0,5VC10Co (theoretische Korngröße 0,5 μm±0,01 μm , Oberfläche Ra<0,05 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1750±30 und eine Verschleißrate von 0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$ auf, was den Anforderungen für Hochtemperaturwerkzeuge entspricht.

10.2.3.2.5 Technische Anwendungen

NbC- und VC-Legierungen zeichnen sich durch ihre hervorragende Verschleißfestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit in der Fertigung und im Energiebereich aus. Ihr Anwendungsbereich umfasst folgende Szenarien:

Hochtemperaturwerkzeuge

WC5NbC0.5VC10Co (theoretische Härte HV 1750±30, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Lebensdauer von >5000 Stunden±500 Stunden, ist für das Schneiden bei hohen Temperaturen geeignet und hält >800°C±10°C stand.

Verschleißfestes Beschichtungssubstrat

WC2NbC0,5VC10Co (theoretische Verschleißrate 0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Haftung von >50 MPa±5 MPa, was für verschleißfeste Beschichtungssubstrate geeignet ist.

Werkzeuge für die Ölbohrung

WC5NbC1VC15Co (theoretischer K_{1c} 12 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5 , Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Schlagzähigkeit von >10^6-mal ± 10^5- mal und ist damit für die stoßintensive Umgebung bei Ölbohrungen geeignet.

10.2.4 Hartmetall ohne Bindephase

Binderloses Hartmetall basiert auf einem Vollhartmetallsystem (WC, TiC usw. mit einem theoretischen Gehalt von >99 % ± 0,1 %), wobei die traditionellen Bindephasen wie Co und Ni eliminiert werden, wodurch eine ultrahohe Härte (HV > 2500 ± 50) und eine ausgezeichnete Hochtemperaturstabilität (> 1000 °C ± 10 °C) erreicht werden, die Zähigkeit jedoch gering ist (Bruchzähigkeit K_{1c} < 5 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5), wodurch es sich besonders für superharte Werkzeuge (Schnittgenauigkeit < 0,1 μm ± 0,01 μm) und verschleißfeste Beschichtungen (theoretische

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

Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden) eignet. Der Herstellungsprozess stellt hohe Anforderungen und erfordert Sintern bei hohen Temperaturen und hohem Druck (> 2000 °C ± 10 °C, Druck > 100 MPa ± 5 MPa). Die Kosten sind hoch (> 20 USD/kg ± 1 USD/kg), was die Anwendung im großen Maßstab einschränkt. Dieser Abschnitt konzentriert sich auf das vollständige Hartmetallsystem und die Herausforderungen und Anwendungsbeschränkungen bei der Herstellung und analysiert detailliert seine Leistungsmerkmale, Herstellungsschwierigkeiten und Anwendungsaussichten.

10.2.4.1 Vollhartmetallsystem: Ultrahohe Härte

10.2.4.1.1 Grundprinzipien und Technologieübersicht des Vollhartmetallsystems mit ultrahoher Härte

Das Vollhartmetallsystem besteht hauptsächlich aus WC (theoretischer Gehalt > 99 % ± 0,1 %) oder einer WCTiC- Mischphase (WC 50–80 % ± 1 %, TiC 20–50 % ± 1 %) und erreicht durch einen Sinterprozess bei hoher Temperatur und hohem Druck (> 2000 °C ± 10 °C, Druck 100 MPa ± 5 MPa) eine Dichte nahe der theoretischen Dichte (> 99,8 % ± 0,1 %). Die Härte dieses Systems übersteigt HV 2500 ± 50 und die Verschleißfestigkeit ist ausgezeichnet (theoretische Verschleißrate < 0,03 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$), sodass es für die Ultrapräzisionsbearbeitung (Oberflächenrauheit Ra < 0,01 μm ± 0,001 μm) und verschleißfeste Teile (theoretische Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden) geeignet ist. Das bindemittelfreie Design vermeidet die Leistungsminderung herkömmlicher Legierungen durch Erweichung von Co bei hohen Temperaturen (> 800 °C ± 10 °C) und verbessert die Hochtemperaturstabilität (> 1000 °C ± 10 °C), sodass sie auch unter extremen Bedingungen eine gute Leistung erbringen.

Der Herstellungsprozess erfolgt mittels Heißisostatischem Pressen (HIP) oder Funkenplasmasintern (SPS). Die Sintertemperatur wird auf 2000 °C ± 10 °C und der Druck auf 100 MPa ± 5 MPa geregelt, um die Dichte und mikrostrukturelle Gleichmäßigkeit des Materials sicherzustellen. Zu den Leistungstests gehören der Vickers-Härtetest (ASTM E92, Belastung 10 kg ± 0,1 kg, Genauigkeit ± 50), der Verschleißleistungstest (ASTM G99, Belastung 10 N ± 0,1 N, Genauigkeit ± 0,01 $mm^3/N·m$) und der Hochtemperatur-Stabilitätstest (ASTM E1876, 1000 °C ± 10 °C, Dauer 100 Stunden ± 10 Stunden). Beispielsweise weist WC20TiC (theoretische Korngröße 0,5 μm ± 0,01 μm) eine Härte von HV 2600 ± 50, eine theoretische Verschleißrate von 0,02 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$ und eine Oberflächenrauheit Ra < 0,01 μm ± 0,001 μm auf , was den Anforderungen an Ultrapräzisionswerkzeuge entspricht. Rasterelektronenmikroskopie (REM, theoretische Auflösung < 0,1 μm ± 0,01 μm) und energiedispersive Spektroskopie (EDS) werden zur Analyse der Mikrostruktur und Elementverteilung eingesetzt.

10.2.4.1.2 Mechanismus und Analyse des Vollhartmetallsystems mit ultrahoher Härte

Die ultrahohe Härte des Vollhartmetallsystems ist auf das starke kovalente Bindungsnetzwerk von WC (theoretische Bindungsenergie 700 kJ/mol ± 10 kJ/mol) und TiC (theoretische Bindungsenergie

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

500 kJ/mol ± 10 kJ/mol) zurückzuführen, und die theoretische Härte übersteigt HV 2500 ± 50. Die Korngröße wird auf 0,5 μm ± 0,01 μm kontrolliert , die Korngrenzendichte wird erhöht (theoretischer Wert > 10^{14} m^{-2} ± 10^{13} m^{-2}) , und die Verschleißrate wird theoretisch um 30 % ± 5 % reduziert (auf < 0,03 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$). Durch das Fehlen einer Bindephase werden Grenzflächenschwächen vermieden und die Auflösungsrate der herkömmlichen Co-Bindephase (~10^{-6} $g/cm^2 · h$ ± 10^{-7} $g/cm^2 · h$) stellt keinen begrenzenden Faktor mehr dar. Die Gewichtszunahme durch Oxidation bei hohen Temperaturen bleibt bei <0,2 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 , was besser ist als bei Legierungen mit Bindephase (wie TiCNi , Gewichtszunahme durch Oxidation 0,5 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2) . Das Fehlen einer plastischen Phase führt jedoch zu einer geringeren Zähigkeit (Bruchzähigkeit K_{Ic} <5 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) und Risse breiten sich leicht aus (theoretischer Wert > 0,1 mm ± 0,01 mm), was die Schlagzähigkeit begrenzt.

Die SEM-Analyse zeigt, dass die Kornverteilung von WC20TiC gleichmäßig ist (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) und die Porosität nur <0,1 % ± 0,02 % beträgt. Dies belegt den Verdichtungseffekt des Hochtemperatur- und Hochdrucksinterns . EDS bestätigt die gleichmäßige Verteilung von TiC (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %). Verschleißtests (ASTM G99) zeigen eine theoretische Verschleißrate von 0,02 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, was besser ist als bei WC10Co (0,08 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$). Dies bestätigt den Verschleißfestigkeitsvorteil des nichtbindenden Phasendesigns. Hochtemperaturtests (1000 °C ± 10 °C) beweisen seine Stabilität zusätzlich, mit einer Oxidationsgewichtszunahme von lediglich 0,2 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 .

10.2.4.1.3 Analyse der Faktoren, die das Vollhartmetallsystem mit ultrahoher Härte beeinflussen

Die Leistung des gesamten Hartmetallsystems wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und das Gleichgewicht zwischen Härte und Dichte muss durch Prozessoptimierung erreicht werden:

TiC- Gehalt

der TiC -Gehalt beträgt 20 % ± 1 %, die Härte ist am höchsten (HV 2600 ± 50); wenn der TiC-Gehalt > 50 % ± 1 % ist, sinkt K_{Ic} theoretisch um 20 % ± 3 % (auf < 3 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5), und die Zähigkeit nimmt weiter ab.

Körnung

Bei einer Korngröße von 0,5–1 μm ± 0,01 μm ist die Verschleißfestigkeit am besten (Verschleißrate < 0,02 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$); bei einer Korngröße von > 2 μm ± 0,01 μm erhöht sich die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 %, und die Bruchzähigkeit $K_{Ic\ verbessert}$ sich leicht (< 5 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5).

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 2000 °C ± 10 °C beträgt die Dichte >99,8 % ± 0,1 % und die Porosität <0,1 % ± 0,02 %; bei einer Sintertemperatur unter 1900 °C ± 10 °C erhöht sich die Porosität theoretisch um 5 % ± 1 % und die Härte nimmt ab.

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

Druck

Bei einem Druck von 100 MPa ± 5 MPa ist die Härte stabil (HV > 2500 ± 50); bei einem Druck von < 50 MPa ± 5 MPa verringert sich die Härte theoretisch aufgrund unzureichender Verdichtung um 10 % ± 2 % (auf HV 2300 ± 50).

Umweltbedingungen

Bei Temperaturen über 1000 °C ± 10 °C erhöht sich die theoretische Gewichtszunahme durch Oxidation um 10 % ± 2 %, und die Oberflächenbehandlung muss optimiert werden.

WC50TiC hat beispielsweise einen hohen TiC- Gehalt (50 % ± 1 %) und seine Bruchzähigkeit K_{1c} sinkt auf 3 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, was zu einer unzureichenden Schlagzähigkeit führt und auf 20–30 % ± 1 % optimiert werden muss.

10.2.4.1.4 Optimierungsstrategie für Vollhartmetallsysteme mit ultrahoher Härte

Um eine Härte > HV 2500 ± 50 und eine Verschleißrate < 0,03 mm³ /N·m ± 0,01 mm³/N·m zu erreichen, wird folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Zutatenoptimierung

WC-Gehalt 70–80 % ± 1 %, TiC -Gehalt 20–30 % ± 1 %, Ausgleich von Härte und mikrostruktureller Stabilität.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wird auf 0,5–1 µm ± 0,01 µm kontrolliert und durch Optimierung der Sinterparameter das Kornwachstum reduziert und die Verschleißfestigkeit verbessert.

Sinterprozess

Die Sintertemperatur beträgt 2000 °C ± 10 °C und der Druck 100 MPa ± 5 MPa, wodurch eine Dichte von > 99,8 % ± 0,1 % und eine Porosität von < 0,1 % ± 0,02 % gewährleistet wird. Zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit wird heißisostatisches Pressen (HIP) verwendet.

Oberflächenbehandlung

Durch ultrapräzises Polieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra <0,01 µm ± 0,001 µm kontrolliert , die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 % reduziert und die Schnittgenauigkeit verbessert.

Testspezifikationen

Die Leistung wurde mittels ASTM E92 (Härteprüfung, Belastung 10 kg ± 0,1 kg), ASTM G99 (Verschleißverhalten, Belastung 10 N ± 0,1 N) und ASTM E1876 (Hochtemperaturstabilität, 1000 °C ± 10 °C) überprüft; ergänzt durch SEM- und EDS-Analyse der Mikrostruktur.

Beispielsweise weist WC20TiC (theoretische Korngröße 0,5 µm±0,01 µm , Oberfläche Ra<0,01 µm±0,001 µm) eine Härte von HV 2600±50 und eine Verschleißrate von 0,02 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m auf, was den Anforderungen für Ultrapräzisionswerkzeuge entspricht.

10.2.4.1.5 Technische Anwendung von Vollhartmetallsystemen mit ultrahoher Härte

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

Das Vollhartmetallsystem zeichnet sich durch seine hohe Härte und Verschleißfestigkeit durch herausragende Leistung in der Präzisionsfertigung aus. Sein Anwendungsbereich umfasst folgende Szenarien:

Ultrapräzisionswerkzeuge
WC20TiC (theoretische Härte HV 2600±50, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine Schnittgenauigkeit von <0,1 μm±0,01 μm und eine theoretische Lebensdauer von >5000 Stunden±500 Stunden und ist für die Halbleiterverarbeitung geeignet.

Verschleißfeste Beschichtung
WC30TiC (theoretische Verschleißrate 0,02 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Lebensdauer von >10^4 Stunden±10^3 Stunden und eignet sich zur Oberflächenverfestigung mechanischer Teile.

Hochtemperaturform
WC20TiC (theoretische Oxidationsgewichtszunahme 0,2 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 , Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Haltbarkeit von >10^5-fach ±10^4-fach und ist für das Schmieden bei hohen Temperaturen geeignet.

10.2.4.2 Herausforderungen bei der Herstellung und Anwendungsgrenzen von Vollhartmetallsystemen mit ultrahoher Härte

10.2.4.2.1 Grundprinzipien und Technologieübersicht des Vollhartmetallsystems mit ultrahoher Härte

Die Herstellung von Hartmetall ohne Bindephase beruht auf Hochtemperatur- und Hochdrucksintern (>2000°C±10°C, Druck 100 MPa±5 MPa), um die niedrige Diffusionsrate zwischen den Carbiden (<10^{-12} cm^2/s±10^{-13} cm^2/s) und die hohe Sinterfestigkeit (>1000 MPa±50 MPa) zu überwinden. Die größten Herausforderungen sind die hohen Anlagenkosten (>1 Million USD±100.000 USD), die Prozesskomplexität (Sinterzeit >2 Stunden±0,1 Stunden) und die geringe Zähigkeit (Bruchzähigkeit K_{Ic} < 5 $MPa·m^{1/2}$±0,5), die die Produktion und Anwendung im großen Maßstab einschränken. Die Anwendungsbeschränkungen spiegeln sich hauptsächlich im Szenario der Schlagzähigkeit (theoretische Schlagzähigkeit <10^4-mal ± 10^3-mal) und der komplexen Formverarbeitung (Präzision <0,1 mm ± 0,01 mm) wider, aufgrund des Sprödigkeitsproblems, das durch das Fehlen einer Bindephase verursacht wird.
Der Herstellungsprozess erfolgt mittels Heißisostatischem Pressen (HIP) oder Funkenplasmasintern (SPS). Die Sintertemperatur wird auf 2000 °C ± 10 °C und der Druck auf 100 MPa ± 5 MPa geregelt, um eine Dichte von >99,8 % ± 0,1 % zu gewährleisten. Zu den Leistungstests gehören die Messung der archimedischen Dichte (Genauigkeit ± 0,01 g/cm^3) , die Härteprüfung nach Vickers (ASTM E92, Belastung 10 kg ± 0,1 kg, Genauigkeit ± 50) und die Bruchzähigkeitsprüfung (ISO 28079, Genauigkeit ± 0,5 $MPa·m^{1/2}$) . Beispielsweise hat WC20TiC (gesintert bei 2000 °C ± 10 °C, Druck 100 MPa ± 5 MPa) eine Dichte von >99,8 % ± 0,1 % und eine Härte von HV 2600 ± 50, aber die

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

Bruchzähigkeit K_{1c} beträgt nur 4 MPa·m¹ / ² ± 0,5, was auf seine unzureichende Zähigkeit hinweist. SEM- und EDS-Analysen wurden verwendet, um die Mikrostruktur und die Homogenität der Zusammensetzung zu überprüfen.

10.2.4.2.2 Mechanismus und Analyse eines Vollcarbidsystems mit ultrahoher Härte Durch Sintern bei hohen Temperaturen und

hohem Druck wird eine Materialverdichtung durch Korngrenzendiffusion erreicht (theoretische Rate ~10 ⁻ ¹² cm ² /s ± 10 ⁻ ¹³ cm ² /s) und die Porosität wird auf <0,1 % ± 0,02 % reduziert. Die Grenzflächenenergie zwischen WCTiC ist niedrig (theoretischer Wert ~1 J/m ² ± 0,1 J/m ²) und es ist ein Druck von >100 MPa ± 5 MPa erforderlich, um die Bindung zwischen den Carbiden sicherzustellen. Die niedrige Diffusionsrate erfordert eine Sintertemperatur von über 2000 °C ± 10 °C und eine Geräteleistung von >500 kW ± 10 kW, was die Herstellung erschwert. Das Fehlen einer Bindephase führt zu einer Bruchzähigkeit K_{1c} <5 MPa·m ¹ / ² ± 0,5 und einer theoretischen Risswachstumsgeschwindigkeit >10 ⁻ ³ mm/s±10 ⁻ ⁴ mm/s, was die Schlagzähigkeit begrenzt.

Die SEM-Analyse zeigt, dass die Porosität von WC20TiC <0,1 % ± 0,02 % beträgt. An Spannungskonzentrationen bilden sich jedoch leicht Mikrorisse (theoretische Größe <0,1 μm ± 0,01 μm), die die Haltbarkeit beeinträchtigen. EDS bestätigt die gleichmäßige Zusammensetzungsverteilung (theoretische Abweichung <0,1 % ± 0,02 %) und belegt damit die Gleichmäßigkeit des Sinterprozesses.

10.2.4.2.3 Analyse der Faktoren, die das Vollhartmetallsystem mit ultrahoher Härte beeinflussen.

Die Leistung bei der Vorbereitung und Anwendung wird durch eine Kombination von Faktoren beeinflusst und es sind Prozessverbesserungen erforderlich, um die Einschränkungen zu überwinden:

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 2000 °C ± 10 °C beträgt die Dichte >99,8 % ± 0,1 % und die Porosität <0,1 % ± 0,02 %; bei einer Sintertemperatur unter 1900 °C ± 10 °C erhöht sich die Porosität theoretisch um 5 % ± 1 % und die Härte verringert sich auf HV 2400 ± 50.

Druck

Bei einem Druck von 100 MPa ± 5 MPa ist die Härte stabil (HV > 2500 ± 50); bei einem Druck von < 50 MPa ± 5 MPa verringert sich die Härte theoretisch aufgrund unzureichender Verdichtung um 10 % ± 2 % (auf HV 2300 ± 50).

Körnung

Bei einer Korngröße von 0,5–1 μm ± 0,01 μm ist die Härte am höchsten (HV 2600 ± 50), bei einer Korngröße von >2 μm ± 0,01 μm steigt die Bruchzähigkeit $K_{1c\ theoretisch}$ leicht um 5 % ± 1 % an (immer noch < 5 MPa·m¹ /² ± 0,5), die Verschleißfestigkeit nimmt jedoch ab.

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

Gerätekosten

Die Kosten für Hochtemperatur- und Hochdruckgeräte betragen > 1 Million US-Dollar ± 100.000 US-Dollar, was die Produktion im großen Maßstab einschränkt und die Produktion auf < 1.000 kg/Jahr ± 100 kg/Jahr beläuft.

Anwendungsszenario

Wenn die Schlagfestigkeit weniger als das 10^4-fache ± 10^3-fache beträgt, kommt es leicht zu Fehlern. Wenn die Verarbeitungsgenauigkeit größer als 0,1 mm ± 0,01 mm ist, steigen die Kosten um 20 % ± 5 % und die Verarbeitung ist schwierig.

Beispielsweise erhöhte sich aufgrund einer unzureichenden Sintertemperatur (1900 °C ± 10 °C) die Porosität von WC20TiC auf 0,5 % ± 0,1 % und die Härte verringerte sich auf HV 2400 ± 50, sodass die Prozessparameter optimiert werden mussten.

10.2.4.2.4 Optimierungsstrategie für Vollhartmetallsysteme mit ultrahoher Härte

Um eine Härte > HV 2500 ± 50 und eine Dichte > 99,8 % ± 0,1 % zu erreichen, wird die folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Prozessoptimierung

Die Sintertemperatur beträgt 2000 °C ± 10 °C, der Druck 100 MPa ± 5 MPa und die Sinterzeit 2 Stunden ± 0,1 Stunden, um die Verdichtung sicherzustellen.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wurde auf 0,5–1 μm ± 0,01 μm kontrolliert und die Mikrorissbildung durch Optimierung der Sinterparameter reduziert.

Ausrüstungsverbesserung

Durch den Einsatz der Heißisostatischen Presstechnologie (HIP) wird die Porosität auf <0,05 % ± 0,01 % reduziert, wodurch die Materialgleichmäßigkeit verbessert wird.

Oberflächenbehandlung

Durch ultrapräzises Polieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra <0,01 μm ± 0,001 μm kontrolliert , die Verschleißrate theoretisch um 10 % ± 2 % reduziert und die Schnittgenauigkeit verbessert.

Testspezifikationen

nach ASTM E92 (Härteprüfung, Belastung 10 kg ± 0,1 kg), ISO 28079 (Bruchzähigkeit, Genauigkeit ± 0,5 $MPa \cdot m^{1/2}$) und Archimedes-Methode (Dichte, Genauigkeit ± 0,01 g/cm^3) ; SEM und EDS wurden zur Analyse der Mikrostruktur verwendet.

Beispielsweise hat WC20TiC (Sintern 2000 °C ± 10 °C, Druck 100 MPa ± 5 MPa) eine Härte von HV 2600 ± 50 und eine Dichte > 99,8 % ± 0,1 %, was den Anforderungen der Ultrapräzisionsbearbeitung entspricht.

10.2.4.2.5 Technische Anwendung des Vollhartmetallsystems mit ultrahoher Härte

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

Bindemittelfreie Legierungen eignen sich gut für hochpräzise Anwendungen und finden unter anderem in folgenden Bereichen Anwendung:

Ultrapräzisionsbearbeitung
WC20TiC (theoretische Härte HV 2600±50, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine Schnittgenauigkeit von <0,1 μm±0,01 μm und eine theoretische Lebensdauer von >5000 Stunden±500 Stunden und eignet sich für die optische Spiegelbearbeitung.

Verschleißfestes Beschichtungssubstrat
WC30TiC (theoretische Verschleißrate 0,02 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$, Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Lebensdauer von $>10^4$ Stunden±10^3 Stunden und eignet sich für den Oberflächenschutz mechanischer Teile.

Hochtemperaturform
WC20TiC (theoretische Oxidationsgewichtszunahme 0,2 mg/cm^2 ± 0,05 mg/cm^2 , Korngröße 0,5 μm±0,01 μm) hat eine theoretische Haltbarkeit von $>10^5$-fach ±10^4-fach und ist für die Hochtemperaturumformung geeignet.

Vollhartmetallsystems mit ultrahoher Härte :

Aufprallszene
K_{1C} <5 $MPa·m^{1/2}$ ±0,5, theoretische Schlagzähigkeit <10^4-fach ±10^3-fach, anfällig für Versagen bei hoher Schlageinwirkung.

Komplexe Formen
Wenn die Bearbeitungsgenauigkeit <0,1 mm ± 0,01 mm beträgt, steigen die Kosten um 20 % ± 5 % und die Bearbeitung ist schwierig.

Massenproduktion
Die Kosten für die Ausrüstung betragen > 1 Million USD ± 100.000 USD und die Produktion ist auf < 1.000 kg/Jahr ± 100 kg/Jahr begrenzt, was das Erreichen von Skaleneffekten erschwert.

10.3 Klassifizierung nach Hartmetallkorngröße

Die Korngröße des Hartmetalls (im Bereich von 0,2 Mikrometern bis 10 Mikrometern mit einer Genauigkeit von ±0,01 Mikrometern) ist der Schlüsselparameter für seine Leistungskontrolle, die einen erheblichen Einfluss auf die Härte (im Bereich von HV 800 bis 2500 mit einer Genauigkeit von ±30), die Zähigkeit (im Bereich von 8 $MPa·m^{1/2}$ bis 25 $MPa·m^{1/2}$ mit einer Genauigkeit von ±0,5) und die Verschleißfestigkeit (Verschleißrate von 0,02 $mm^3/N·m$ bis 0,1 $mm^3/N·m$ mit einer Genauigkeit von ±0,01 $mm^3/N·m$) hat. Diese wichtige Eigenschaft wird durch präzise Herstellungsverfahren erreicht, wie etwa Sintertemperaturen im Bereich von 1450 °C bis 2000 °C

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

(mit einer Genauigkeit von ±10 °C), angewandte Drücke im Bereich von 50 MPa bis 100 MPa (mit einer Genauigkeit von ±1 MPa) und die Zugabe von Inhibitoren wie VC und Cr_3C_2 (Gehalt 0,1 % bis 2 %, mit einer Genauigkeit von ±0,01 %) zur Optimierung der Mikrostruktur. Durch die Kombination dieser Verfahren und Materialkonstruktionen kann Hartmetall verschiedenen industriellen Anforderungen gerecht werden, beispielsweise für Hochleistungswerkzeuge in der Luftfahrt (Lebensdauer über 5.000 Stunden, Fehler ±500 Stunden), schlagfeste Bohrer im Bergbau (Schlagfestigkeit über 10^6-fach, Fehler ±10^5-fach) und für die Herstellung von Präzisionsformen (Bearbeitungsgenauigkeit unter 0,1 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer). Für eine genaue Bewertung der Korngrößenverteilung und ihrer Auswirkungen auf die Leistung sind fortschrittliche Analysetechniken erforderlich, darunter Rasterelektronenmikroskopie (REM, Auflösung unter 0,1 Mikrometer , Fehler ±0,01 Mikrometer), Röntgenbeugung (XRD, Korngrößenmessgenauigkeit ±0,01 Mikrometer) und eine Reihe standardisierter Leistungstests (wie ASTM E92 und G65), um die Zuverlässigkeit und Konsistenz der Daten zu gewährleisten.

In diesem Abschnitt wird systematisch untersucht, wie die Korngröße die Leistung von Hartmetall in verschiedenen Anwendungsszenarien durch die Wechselwirkung zwischen Mikrostruktur und Makroleistung maßgeblich beeinflusst. Dabei werden vier Aspekte betrachtet: ultrafeines/nanofeines Hartmetall (Korngröße unter 0,5 Mikrometer), feinkörniges Hartmetall (Korngröße 0,5 bis 2 Mikrometer), mittel-/grobkörniges Hartmetall (Korngröße 2 bis 10 Mikrometer) sowie Korngrößenverteilung und Leistungsregulierung. Die Analyse jedes Teils analysiert eingehend den Herstellungsprozess, den Materialmechanismus, die Einflussfaktoren, die Optimierungsstrategie und die technische Anwendung und bietet den Lesern umfassende theoretische Unterstützung und praktische Anleitung.

10.3.1 Ultrafeines/Nano-Hartmetall (<0,5 µm)

Ultrafeines/Nano-Hartmetall zeichnet sich durch eine Korngröße von weniger als 0,5 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) aus. Diese extrem kleine Korngröße führt zu einer deutlichen Erhöhung der Korngrenzendichte (mehr als 10^{14} m^{-2} , Fehler ± 10^{13} m^{-2}) , was wiederum eine deutliche Erhöhung der Härte (mehr als HV 2400, Fehler ± 50) und Zähigkeit (mehr als 12 MPa·m^{1} / ², Fehler ± 0,5) zur Folge hat. Aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften eignet sich dieses Material besonders für die Hochpräzisionsbearbeitung (Bearbeitungsgenauigkeit weniger als 0,1 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) und die Herstellung von Mikroteilen (Lebensdauer mehr als 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden). Aufgrund der extrem feinen Korngröße erhöht sich jedoch der technische Schwierigkeitsgrad des Herstellungsprozesses erheblich, und es sind eine fortschrittliche Funkenplasmasintertechnologie (SPS) und die Zugabe von Inhibitoren (wie VC und Cr_3C_2) erforderlich, um das Wachstum und die Aggregation der Körner wirksam zu kontrollieren und so die Gleichmäßigkeit und Stabilität des Materials sicherzustellen.

In diesem Abschnitt werden der Herstellungsprozess, die Leistungsvorteile und spezifische Anwendungen detailliert erläutert. Zudem werden die technischen Eigenschaften, der Leistungsmechanismus und das praktische Anwendungspotenzial von ultrafeinem/nano-Hartmetall in der Industrie eingehend analysiert. Durch systematische Forschung zur Optimierung des Herstellungsprozesses und zur Leistungssteigerung soll dieser Abschnitt wertvolle Referenzen für

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

Forscher und Ingenieure in verwandten Bereichen bieten.

10.3.1.1 Herstellungsverfahren für ultrafeines/Nano-Hartmetall (SPS, Inhibitor VC/ Cr_3C_2)

Überblick über die Grundprinzipien und Technologien von ultrafeinem/Nano-Hartmetall

Die Herstellung von ultrafeinem/Nano-Hartmetall basiert auf der Spark-Plasma-Sinter-Technologie (SPS), die in einem Temperaturbereich von 1450 °C bis 1600 °C (Fehler ±10 °C) und Druckbedingungen von 50 MPa bis 100 MPa (Fehler ±1 MPa) arbeitet. Im Vergleich zu herkömmlichen Sintermethoden wird bei SPS durch die Anwendung von gepulstem Strom (Stromstärke über 1000 Ampere, Fehler ±100 Ampere) eine schnelle Erwärmung erreicht (Heizrate über 100 °C/Minute, Fehler ±10 °C/Minute), wodurch die Sinterzeit erheblich verkürzt wird (weniger als 10 Minuten, Fehler ±1 Minute) und das Kornwachstum wirksam gehemmt wird (Kornwachstumsrate liegt unter 10^{-3} Mikrometer/Sekunde, Fehler ±10^{-4} Mikrometer/Sekunde). Darüber hinaus wird durch die Zugabe von Inhibitoren wie VC (Gehalt 0,2 % bis 1 %, Fehler ±0,01 %) und Cr_3C_2 (Gehalt 0,5 % bis 2 %, Fehler ±0,01 %) die Diffusionsrate des Materials (weniger als 10^{-12} cm²/s, Fehler ±10^{-13} cm²/s) durch die Abscheidung winziger Partikel (Größe ca. 0,05 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer) an den Korngrenzen weiter verringert und so sichergestellt, dass die Korngröße im Nanometerbereich bleibt.

Um den Herstellungseffekt und die Genauigkeit der Korngrößenkontrolle zu überprüfen, sind verschiedene fortschrittliche Charakterisierungstechniken erforderlich, darunter Rasterelektronenmikroskopie (REM, Auflösung unter 0,1 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) zur Beobachtung der mikroskopischen Morphologie, Transmissionselektronenmikroskopie (TEM, Auflösung unter 0,01 Mikrometer, Fehler ± 0,001 Mikrometer) zur detaillierten Analyse der Korngrenzenstruktur und Röntgenbeugung (XRD, Korngrößenmessgenauigkeit ± 0,01 Mikrometer) zur quantitativen Analyse der Kristallstruktur. Beispielsweise hat die durch SPS-Sintern bei 1450 °C (Fehler ± 10 °C) hergestellte Probe der WC6Co0,5VC-Legierung eine Korngröße von 0,3 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und eine Dichte von über 99,5 % (Fehler ± 0,1 %), was die Effizienz und Genauigkeit des SPS-Prozesses deutlich unterstreicht.

Mechanismus und Analyse von ultrafeinem/nano-Hartmetall

Der schnelle Verdichtungseffekt des SPS-Prozesses (Dichte über 99,5 %, Fehler ± 0,1 %) ist hauptsächlich auf die lokale Hochtemperatur (über 2000 °C, Fehler ± 50 °C) und die Plasmaaktivierung (elektrische Feldstärke über 10 V/mm, Fehler ± 1 V/mm) zurückzuführen. Diese Bedingungen fördern die Bindung zwischen WC-Partikeln erheblich (Grenzflächenenergie ca. 1 Joule/m², Fehler ± 0,1 Joule/m²). Gleichzeitig scheiden VC und Cr_3C_2 durch chemische Reaktion winzige Partikel an der Korngrenze ab. Die Reaktionsgleichung lautet:

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

Diese ausgefällten Phasen (Größe ca. 0,05 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) reduzieren die Kornwachstumsrate durch den Fixierungsmechanismus der Korngrenzen um ca. 50 % (Fehler ± 5 %), wodurch die Korngröße im Nanomaßstab effektiv erhalten bleibt. Darüber hinaus verringert

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

Cr_3C_2 die Porosität im Material weiter (Porosität weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %), indem es die Benetzbarkeit der Co-Phase verbessert (Kontaktwinkel weniger als 10 Grad, Fehler ± 1 Grad), wodurch die Dichte und die mechanischen Eigenschaften des Materials verbessert werden.

Die SEM-Analyse zeigte eine hohe Gleichmäßigkeit der Kornverteilung der WC6Co0,5VC-Probe (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Die TEM bestätigte zudem die Verteilung der VC-Präzipitatphase (Abstand ca. 0,1 μm, Fehler ± 0,01 μm), was die Schlüsselrolle der Inhibitoren bei der Korngrenzenkontrolle belegt. EDS-Testergebnisse zeigen zudem eine gleichmäßige Verteilung der Inhibitoren im Material (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %), was die Stabilität der Leistung gewährleistet. Übersteigt die Korngröße jedoch 0,5 μm (Fehler ± 0,01 μm), sinkt die Härte des Materials um ca. 10 % (Fehler ± 2 %). Dies zeigt, dass die Korngrößenkontrolle die zentrale Herausforderung der Leistungsoptimierung darstellt.

Analyse der Faktoren, die sich auf ultrafeines/Nano-Hartmetall auswirken.

Der Vorbereitungseffekt und die endgültige Leistung von ultrafeinem/Nano-Hartmetall werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, und das beste Gleichgewicht muss durch eine Feineinstellung der Prozessparameter erreicht werden:

SPS-Sintertemperatur

Wenn die Temperatur auf 1450 °C (Fehler ±10 °C) geregelt wird, kann die Korngröße bei weniger als 0,5 Mikrometern (Fehler ±0,01 Mikrometer) stabilisiert werden. Wenn die Temperatur jedoch 1600 °C (Fehler ±10 °C) überschreitet, nimmt die Korngröße um etwa 20 % (Fehler ±3 %) zu, was eng mit dem thermisch aktivierten Wachstum der Körner zusammenhängt.

Inhibitorgehalt

Wenn der VC-Gehalt 0,5 % (Fehler ± 0,01 %) beträgt, ist der Kornverfeinerungseffekt optimal; wenn der Gehalt jedoch 1 % (Fehler ± 0,01 %) übersteigt, nimmt die Zähigkeit um etwa 10 % (Fehler ± 2 %) ab, was auf die Konzentration der Korngrenzenspannung zurückzuführen sein kann, die durch übermäßige Inhibitoren verursacht wird.

Druck ausüben

Im Druckbereich von 50 MPa bis 100 MPa (Fehler ±1 MPa) kann die Dichte des Materials über 99,5 % (Fehler ±0,1 %) erreichen; wenn der Druck niedriger als 50 MPa (Fehler ±1 MPa) ist, erhöht sich die Porosität um etwa 5 % (Fehler ±1 %), was sich auf die Dichte des Materials auswirkt.

Pulvergröße des Rohmaterials

Wenn die anfängliche Pulverpartikelgröße weniger als 0,2 μm (Fehler ± 0,01 μm) beträgt, ist der Kornkontrolleffekt besser; wenn die Partikelgröße 0,5 μm (Fehler ± 0,01 μm) überschreitet, erhöht sich die Korngröße um etwa 15 % (Fehler ± 3 %), was mit der gleichmäßigen Dispersion des Pulvers zusammenhängt.

Sinterzeit

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

Wenn die Sinterzeit zwischen 5 und 10 Minuten (Fehler ±1 Minute) geregelt wird, bleibt die Korngröße stabil; wenn sie 15 Minuten (Fehler ±1 Minute) überschreitet, nimmt die Korngröße um etwa 10 % (Fehler ±2 %) zu, was darauf hindeutet, dass eine zu lange Zeit zu Kornwachstum führt. Am Beispiel von WC6Co1VC sank die Zähigkeit des Materials aufgrund des hohen VC-Gehalts (1 % ± 0,01 %) auf 10 MPa·m^{1} $^{/2}$ (Fehler ± 0,5). Dies legt nahe, dass das Verhältnis der Inhibitorzugabe optimiert werden muss, um ein Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit herzustellen.

Optimierungsstrategie für ultrafeines/Nano-Hartmetall

Um eine Korngröße von weniger als 0,5 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und eine Dichte von über 99,5 % (Fehler ± 0,1 %) zu erreichen, werden die folgenden Optimierungsstrategien empfohlen:

Prozessparameteroptimierung

Beim SPS-Verfahren wurde die Sintertemperatur auf 1450 °C (Fehler ±10 °C) eingestellt, der angelegte Druck betrug 80 MPa (Fehler ±1 MPa) und die Sinterzeit wurde zwischen 5 und 10 Minuten (Fehler ±1 Minute) geregelt, um eine doppelte Kontrolle der Korngröße und -dichte zu gewährleisten.

Inhibitoroptimierung

Der VC-Gehalt wird auf 0,2 % bis 0,5 % (Fehler ± 0,01 %) und der Cr_3C_2-Gehalt auf 0,5 % bis 1 % (Fehler ± 0,01 %) eingestellt, um die beste Kombination aus Korngrenzenfixierung und Benetzbarkeit zu erreichen.

Pulverkontrolle

Wählen Sie Rohmaterialpulver mit einer anfänglichen Partikelgröße von weniger als 0,2 Mikrometern (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und stellen Sie sicher, dass die Reinheit über 99,9 % (Fehler ± 0,1 %) liegt, um die Beeinträchtigung des Kornwachstums durch Verunreinigungen zu verringern.

Atmosphärenschutz

Das Sintern wird in einer Vakuumumgebung durchgeführt, wobei der Druck unter 10^{-2}Pa ($\pm10^{-3}$Pa) gehalten wird , um Oxidation und Verunreinigung zu verhindern und so eine hohe Reinheit des Materials sicherzustellen.

Testspezifikationen

Die Korngröße wurde mittels SEM und TEM gemessen und die Kornverteilung wurde mittels ASTM E112-Standard analysiert, um den Optimierungseffekt zu verifizieren.

Beispielsweise wurde die WC6Co0,5VC-Legierung bei 1450 °C (Fehler ±10 °C) durch SPS gesintert, und die Korngröße erreichte 0,3 μm (Fehler ±0,01 μm) und die Härte erreichte HV 2450 (Fehler ±50), was die Wirksamkeit der obigen Optimierungsstrategie vollständig bestätigte.

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

Das SPS-Verfahren in Kombination mit der Inhibitortechnologie **in der ultrafeinen/nano-Hartmetalltechnik**
hat sich in mehreren hochpräzisen Szenarien bewährt, darunter:

Präzise Werkzeugaufbereitung
Die Legierung WC6Co0,5VC (Korngröße 0,3 Mikrometer , Fehler ±0,01 Mikrometer) hat eine Härte von HV 2450 (Fehler ±50) und eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und eignet sich daher besonders für Bearbeitungsaufgaben, die eine hohe Schnittgenauigkeit erfordern.

Herstellung von Mikroformen
Die WC8Co0,5Cr_3C_2-Legierung (Dichte über 99,5 %, Fehler ±0,1 %) weist eine Verarbeitungsgenauigkeit von weniger als 0,1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und eine Lebensdauer von mehr als dem 10^5-Fachen (Fehler ±10^4-Fachen) auf und erfüllt damit die komplexen Formanforderungen für Mikroteile.

Elektronische Verpackungsmaterialien
Die Legierung WC6Co0,2VC (Korngröße 0,2 μm , Fehler ±0,01 μm) weist eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit und eine Verschleißrate von nur 0,02 $mm^3/N·m$ (Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) auf. Sie wird häufig für die Verpackung hochzuverlässiger elektronischer Komponenten verwendet.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass mit dem SPS-Prozess und der Inhibitortechnologie eine präzise Kontrolle ultrafeiner Körner erreicht und die Gesamtleistung von Materialien deutlich verbessert werden kann.

10.3.1.2 Leistungsvorteile von ultrafeinem/Nano-Hartmetall: Härte HV > 2400, Zähigkeit > 12 $MPa·m^{1/2}$

Überblick über die Grundprinzipien und Technologien von ultrafeinem/Nano-Hartmetall
Ultrafeines/Nano-Hartmetall hat eine Korngröße von weniger als 0,5 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und seine Korngrenzendichte ist deutlich verbessert (mehr als 10^{14} m^{-2}, Fehler ±10^{13} m^{-2}), sodass seine Härte HV 2400 (Fehler ±50) erreicht, die Zähigkeit 12 $MPa·m^{1/2}$ übersteigt (Fehler ±0,5) und auch die Verschleißfestigkeit ausgezeichnet ist (Verschleißrate liegt unter 0,03 $mm^3/N·m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$). Die hohe Härte ist hauptsächlich auf die Verstärkung der Korngrenzen zurückzuführen, während die verbesserte Zähigkeit darauf zurückzuführen ist, dass die feinen Körner die Weglänge der Rissausbreitung verkürzen (weniger als 0,05 mm, Fehler ± 0,01 mm) und so die Bruchfestigkeit des Materials verbessern. Diese Kombination von Eigenschaften macht es besonders geeignet für anspruchsvolle Anwendungen wie die Hochpräzisionsbearbeitung (Oberflächenrauheit Ra weniger als 0,01 Mikrometer , Fehler ± 0,001 Mikrometer) und die Herstellung von Mikroteilen (Lebensdauer mehr als 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden).

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

Um diese Eigenschaften umfassend bewerten zu können, sind standardisierte Prüfverfahren erforderlich, darunter die Härteprüfung nach Vickers (ASTM E92, Prüflast 10 kg, Fehler ± 0,1 kg), die Bruchzähigkeitsprüfung (ISO 28079, Messgenauigkeit ± 0,5 MPa·m¹ / ²) und die Verschleißfestigkeitsprüfung (ASTM G99, Prüflast 10 Newton, Fehler ± 0,1 Newton). Am Beispiel der Legierung WC6Co0,5VC beträgt die Korngröße 0,3 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), die Härte erreicht HV 2450 (Fehler ± 50), die Zähigkeit beträgt 13 MPa·m¹ /² (Fehler ± 0,5) und die Verschleißrate ist so niedrig wie 0,02 mm³/N·m (Fehler ± 0,01 mm³/N·m), was die hervorragende Leistung von ultrafeinem/nano-Hartmetall voll und ganz demonstriert.

Die Herstellung von ultrafeinem/nano-Hartmetall
hängt eng mit der Verringerung der Korngröße zusammen. Dieser Zusammenhang lässt sich durch die Hall-Petch-Gleichung beschreiben:

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

Dabei stellt H0 die Matrixhärte (ca. HV 1000, Fehler ±50), k den Verstärkungsfaktor (ca. 500 MPa·μm¹ / ² , Fehler ±50 MPa·μm¹ / ²) und d die Korngröße (z. B. 0,3 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer) dar . Bei einer Reduzierung der Korngröße auf 0,3 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) kann die Härte aufgrund der höheren Anzahl an Korngrenzen und der höheren Versetzungsdichte auf HV 2450 (Fehler ±50) gesteigert werden. Die erhöhte Zähigkeit ist auf den Effekt des Korngrenzengleitens zurückzuführen (Korngrenzendichte über 10^{14} m^{-2} , Fehler ±10^{13} m^{-2}) , das externe Energie absorbieren kann (mehr als 60 Joule/m2, Fehler ±5 Joule/m2), wodurch die Risswachstumsrate um etwa 30 % (Fehler ±5 %) reduziert wird. Darüber hinaus bietet die Netzwerkstruktur der Co-Phase (Volumenanteil 6 %, Fehler ±1 %) die notwendige plastische Unterstützung im Material, wodurch die Zähigkeit über 12 MPa ·m¹ /² (Fehler ±0,5) gehalten wird.

Durch SEM-Analyse ist die Kornverteilung der WC6Co0,5VC-Legierung sehr gleichmäßig (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %) und die Verteilung der Co-Phase relativ kontinuierlich (Bedeckung mehr als 95 %, Fehler ± 2 %). Durch TEM wurde außerdem die Klarheit der Korngrenzenstruktur bestätigt (Breite weniger als 0,01 Mikrometer , Fehler ± 0,001 Mikrometer), was eine mikroskopische Grundlage für hohe Zähigkeit bietet. Verschleißleistungstests zeigen, dass die Verschleißrate der Legierung nur 0,02 mm³/N·m beträgt (Fehler ± 0,01 mm³/N·m), was erheblich besser ist als bei der feinkörnigen WC6Co-Legierung (Korngröße 0,5 Mikrometer , Fehler ± 0,01 Mikrometer , Verschleißrate 0,04 mm³/N·m, Fehler ± 0,01 mm³/N·m). Wenn die Korngröße jedoch 0,5 μm (Fehler ± 0,01 μm) überschreitet, nimmt die Härte um etwa 10 % (Fehler ± 2 %) und die Zähigkeit um etwa 5 % (Fehler ± 1 %) ab, was darauf hindeutet, dass eine genaue Kontrolle der Korngröße von entscheidender Bedeutung ist.

Analyse der Faktoren, die sich auf ultrafeines/Nano-Hartmetall auswirken.
Die Leistung von ultrafeinem/Nano-Hartmetall wird von vielen Faktoren beeinflusst und das Leistungsgleichgewicht muss durch die Optimierung von Prozess und Zusammensetzung erreicht werden:

Körnung

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

Wenn die Korngröße im Bereich von 0,2 μm bis 0,3 μm (Fehler ± 0,01 μm) liegt, kann die Härte über HV 2400 (Fehler ± 50) stabilisiert werden; wenn sie jedoch 0,5 μm (Fehler ± 0,01 μm) überschreitet, sinkt die Härte um etwa 10 % (Fehler ± 2 %), was mit der Abschwächung der Korngrenzenverstärkung zusammenhängt.

Co-Inhalt

Wenn der Co-Gehalt zwischen 6 % und 8 % (Fehler ± 1 %) kontrolliert wird, kann die Zähigkeit über 12 MPa·m¹ /² (Fehler ± 0,5) gehalten werden; wenn er jedoch 10 % (Fehler ± 1 %) übersteigt, nimmt die Härte um etwa 15 % (Fehler ± 3 %) ab, was auf die erweichende Wirkung der Co-Phase zurückzuführen sein kann.

Inhibitorzugabe

Bei einem VC-Gehalt von 0,5 % (Fehler ± 0,01 %) ist die Härteleistung optimal; übersteigt er jedoch 1 % (Fehler ± 0,01 %), verringert sich die Zähigkeit um etwa 10 % (Fehler ± 2 %), was durch übermäßige Inhibitoren verursacht werden kann, die zu Korngrenzenspannungen führen.

Sinterprozess

Bei Verwendung und Kontrolle des SPS-Prozesses bei 1450 °C (Fehler ±10 °C) ist die Leistung hervorragend; bei Verwendung des herkömmlichen Sinterprozesses erhöht sich die Korngröße um etwa 20 % (Fehler ±3 %), was sich auf die Materialeigenschaften auswirkt.

Externe Lasten

Wenn die Schnittgeschwindigkeit 1000 m/min (Fehler ±10 m/min) übersteigt, ist die Verschleißfestigkeit hervorragend. Wenn die Anzahl der Schläge jedoch das 10^5-fache (Fehler $\pm 10^4$-fache) übersteigt, muss die Zähigkeit weiter optimiert werden, um sie an die Umgebung mit hoher Beanspruchung anzupassen.

Am Beispiel von WC10Co0.5VC sinkt die Härte aufgrund des hohen Co-Gehalts (10 % ± 1 %) auf HV 2300 (Fehler ± 50), was darauf hindeutet, dass eine übermäßige Erhöhung des Co-Gehalts den Effekt der Korngrenzenverstärkung schwächt.

Um eine Härte von über HV 2400 (Fehler ±50) und eine Zähigkeit von über 12 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5) zu erreichen, werden folgende Optimierungsstrategien empfohlen **:**

Korngrößenkontrolle

Durch das SPS-Verfahren und VC/Cr_3C_2-Inhibitoren wird die Korngröße auf 0,2 μm bis 0,3 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert, um den Korngrenzenverstärkungseffekt zu maximieren.

Anpassung des Co-Gehalts

Der Co-Gehalt wird zwischen 6 % und 8 % (±1 %) gehalten, um das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit zu erreichen.

Inhibitoroptimierung: Der VC-Gehalt wurde auf 0,2 % bis 0,5 % (Fehler ± 0,01 %) und der Cr_3C_2-Gehalt auf 0,5 % bis 1 % (Fehler ± 0,01 %) angepasst, um die Korngrenzenfixierung und

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

Benetzbarkeit zu optimieren.

Oberflächenbehandlung

Durch ein Präzisionspolierverfahren kann die Oberflächenrauheit auf Ra weniger als 0,01 Mikrometer (Fehler ± 0,001 Mikrometer) kontrolliert und die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert werden.

Testspezifikationen

Um die Datengenauigkeit sicherzustellen, wird die Härte gemäß ASTM E92, die Bruchzähigkeit gemäß ISO 28079 und das Verschleißverhalten gemäß ASTM G99 geprüft.

Beispielsweise erreicht die Härte der WC6Co0,5VC-Legierung (Korngröße 0,3 μm , Fehler ±0,01 μm) HV 2450 (Fehler ±50) und die Zähigkeit beträgt 13 MPa·m^{1} /^{2} (Fehler ±0,5), was die Wirksamkeit der Optimierungsstrategie voll und ganz bestätigt.

Technische Anwendungen für ultrafeines/Nano-Hartmetall

Ultrafeines/Nano-Hartmetall verfügt über eine hervorragende Härte und Zähigkeit und eignet sich gut für viele hochpräzise Anwendungsszenarien, darunter:

Präzisionswerkzeuge

Die Legierung WC6Co0.5VC (Härte HV 2450, Fehler ±50) weist eine Schnittgenauigkeit von weniger als 0,1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) auf, was sie besonders für komplexe Verarbeitungen in der Luftfahrt- und Elektronikindustrie geeignet macht.

Mikroform

Die WC8Co0,5Cr_3C_2-Legierung (Zähigkeit 13 MPa·m^{1} / ^{2}, Fehler ±0,5) hat eine Lebensdauer von mehr als dem 10^{5}-Fachen (Fehler ±10^{4}-Fachen) und erfüllt die Anforderungen an die Präzisionsformung von Mikroteilen.

Elektronische Komponenten

Die Legierung WC6Co0,2VC (Verschleißrate 0,02 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) weist eine Oberflächenrauheit Ra von weniger als 0,01 μm (Fehler ±0,001 μm) und eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit auf. Sie wird häufig in hochzuverlässigen elektronischen Gehäusen eingesetzt.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass ultrafeinkörniges Hartmetall sowohl eine hohe Härte als auch Zähigkeit erreichen kann, was seine Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Hochpräzisionsfertigung deutlich verbessert.

10.3.1.3 Anwendungen von ultrafeinem/Nano-Hartmetall: Präzisionswerkzeuge und Mikrobearbeitung

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

Grundlagen und Technologieübersicht

Ultrafeines/Nano-Hartmetall (Korngröße kleiner 0,5 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) verfügt aufgrund seiner Härte von über HV 2400 (Fehler ± 50), seiner hervorragenden Verschleißfestigkeit (Verschleißrate kleiner 0,03 $mm^3/N·m$, Fehler ± 0,01 $mm^3/N·m$) und seiner hervorragenden Oberflächenqualität (Oberflächenrauheit Ra kleiner 0,01 Mikrometer, Fehler ± 0,001 Mikrometer) über ein breites Anwendungspotenzial im Bereich der Präzisionswerkzeuge und der Mikrobearbeitung. Diese Werkzeuge gewährleisten eine hohe Präzision (Bearbeitungsgenauigkeit unter 0,1 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) bei Schnittgeschwindigkeiten von über 1000 m/min (Fehler ± 10 m/min) und ihre hohe Korngrenzendichte (über 10^{14} m^{-2} , Fehler ± 10^{13} m^{-2}) gewährleistet die thermische und mechanische Stabilität des Materials. Anwendungsszenarien umfassen die Elektronikindustrie (Formlebensdauer über 10^5-fach, Fehler ± 10^4-fach), die Herstellung medizinischer Geräte (Bearbeitungsgenauigkeit unter 0,05 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) und die Luftfahrt (Werkzeuglebensdauer über 5000 Stunden, Fehler ± 500 Stunden).

Zur Überprüfung der Anwendungsleistung sind Schneidtests (ISO 3685, Messgenauigkeit ±0,01 mm), Oberflächenrauheitsmessungen (ISO 4287, Messgenauigkeit ±0,001 Mikrometer) und Verschleißfestigkeitstests (ASTM G99, Messgenauigkeit ±0,01 $mm^3/N·m$) erforderlich. Am Beispiel der Legierung WC6Co0,5VC beträgt die Korngröße 0,3 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer), die Schneidlebensdauer übersteigt 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und die Oberflächenrauheit Ra liegt unter 0,01 Mikrometer (Fehler ±0,001 Mikrometer), was ihre Vorteile bei der hochpräzisen Verarbeitung voll zur Geltung bringt.

Mechanismus und Analyse von ultrafeinem/nano-Hartmetall

Feine Körner (Größe 0,3 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) verbessern die Härte erheblich (erreichen HV 2450, Fehler ± 50) durch den Mechanismus der Korngrenzenverstärkung (Korngrenzendichte übersteigt 10^{14} m^{-2} , Fehler ± 10^{13} m^{-2}) und reduzieren gleichzeitig die Wärmeeinflusszone beim Schneiden (weniger als 0,05 mm, Fehler ± 0,01 mm). Die Co-Phase (Gehalt 6 %, Fehler ± 1 %) bildet ein kontinuierliches Netzwerk im Material und bietet die erforderliche Zähigkeit (Zähigkeit 13 $MPa·m^{1/2}$, Fehler ± 0,5), wodurch das Werkzeug beim Hochgeschwindigkeitsschneiden wirksam vor Absplitterungen geschützt wird (Abspantiefe weniger als 0,01 mm, Fehler ± 0,001 mm). Die niedrige Verschleißrate (0,02 $mm^3/N·m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) ist auf die gleichmäßige Verteilung der Körner zurückzuführen (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ±0,02 %), während der Oberflächenpolierprozess (Ra weniger als 0,01 Mikron , Fehler ±0,001 Mikron) den Reibungskoeffizienten weiter reduziert (weniger als 0,3, Fehler ±0,05) und somit die Lebensdauer des Werkzeugs verbessert.

Die SEM-Analyse zeigt, dass die Verschleißmorphologie der WC6Co0,5VC-Legierung nach dem Schneiden gleichmäßig ist (Verschleißtiefe unter 0,01 mm, Fehler ± 0,001 mm). Der EDS-Test bestätigt die gleichmäßige Verteilung der Co-Phase (Abweichung unter 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Die Ergebnisse des Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer der Legierung über 5000 Stunden (Fehler ± 500 Stunden) beträgt, was eine deutliche Verbesserung gegenüber der feinkörnigen

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

WC6Co-Legierung (Korngröße 0,5 Mikrometer , Fehler ± 0,01 Mikrometer , Lebensdauer 4000 Stunden, Fehler ± 500 Stunden) darstellt. Übersteigt die Korngröße jedoch 0,5 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), erhöht sich die Absplitterungsrate um etwa 15 % (Fehler ± 3 %). Dies deutet darauf hin, dass die Kontrolle der Korngröße der Schlüssel zur Anwendungsoptimierung ist.

Analyse der Faktoren, die ultrafeines/Nano-Hartmetall beeinflussen.

Die Anwendungswirkung von ultrafeinem/Nano-Hartmetall wird durch viele Faktoren eingeschränkt und die Leistung muss durch Optimierung des Prozesses und der Verwendungsbedingungen verbessert werden:

Körnung

Bei einer Korngröße im Bereich von 0,2 bis 0,3 Mikrometern (Fehler ±0,01 Mikrometer) ist die Bearbeitungsgenauigkeit optimal, übersteigt sie 0,5 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer), erhöht sich die Oberflächenrauheit Ra um etwa 10 % (Fehler ±2 %).

Co-Inhalt

Wenn der Co-Gehalt auf 6 % bis 8 % (Fehler ± 1 %) kontrolliert wird, ist die Absplitterungsbeständigkeit ausgezeichnet; wenn er jedoch 10 % (Fehler ± 1 %) übersteigt, erhöht sich die Verschleißrate um etwa 15 % (Fehler ± 3 %).

Oberflächenbehandlung

Wenn die Oberflächenrauheit durch Polieren auf Ra weniger als 0,01 Mikrometer (Fehler ± 0,001 Mikrometer) kontrolliert wird, kann die Standzeit des Werkzeugs um etwa 20 % (Fehler ± 3 %) erhöht werden; wenn die Rauheit 0,05 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) überschreitet, erhöht sich die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %).

Schnittgeschwindigkeit

Wenn die Schnittgeschwindigkeit 1000 m/min (Fehler ±10 m/min) übersteigt, zeigt die WC6Co0.5VC-Legierung eine gute Leistung; wenn sie jedoch unter 500 m/min (Fehler ±10 m/min) liegt, wird ihr Leistungsvorteil deutlich abgeschwächt.

Werkstückstoff

Bei Hartmetallwerkstücken mit einer Härte über HV 1000 (Fehler ±50) ist die Verschleißfestigkeit hervorragend; bei weichen Materialien kann der Leistungsvorteil jedoch zunichte gemacht werden.

Am Beispiel von WC10Co0.5VC sank die Schnittgenauigkeit aufgrund des hohen Co-Gehalts (10 % ± 1 %) auf 0,2 μm (Fehler ± 0,01 μm), was darauf hindeutet, dass die Optimierung des Co-Gehalts für die Genauigkeit entscheidend ist.

Optimierungsstrategie für ultrafeines/Nano-Hartmetall

Um eine Bearbeitungsgenauigkeit von weniger als 0,1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) zu erreichen, werden die

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

folgenden Optimierungsstrategien empfohlen:

Korngrößenkontrolle
Durch das SPS-Verfahren und den VC-Inhibitor wird die Korngröße auf einen Wert zwischen 0,2 und 0,3 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) kontrolliert, um eine hohe Präzision und Verschleißfestigkeit zu gewährleisten.

Anpassung des Co-Gehalts
Der Co-Gehalt wird zwischen 6 % und 8 % (±1 %) gehalten, um Absplitterungen zu verhindern und die Zähigkeit zu erhalten.

Oberflächenoptimierung
Durch ein Präzisionspolierverfahren wird die Oberflächenrauheit auf Ra weniger als 0,01 Mikrometer (Fehler ± 0,001 Mikrometer) kontrolliert und der Reibungskoeffizient auf weniger als 0,3 (Fehler ± 0,05) reduziert.

Beschichtungshilfe
Durch das Aufbringen einer TiAlN- Beschichtung (Dicke 2 Mikrometer, Toleranz ±0,1 Mikrometer) kann die Standzeit des Werkzeugs um ca. 30 % (Toleranz ±5 %) erhöht werden.
Testspezifikationen: Zur Überprüfung des Optimierungseffekts wurden Schneidtests gemäß ISO 3685 durchgeführt und die Oberflächenrauheit gemäß ISO 4287 gemessen.

Beispielsweise weist die Legierung WC6Co0,5VC (Oberflächenrauheit Ra kleiner 0,01 μm , Fehler ±0,001 μm) eine Schnittgenauigkeit von weniger als 0,1 μm (Fehler ±0,01 μm) und eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) auf, was den Erfolg der Optimierungsstrategie voll und ganz belegt.

Technische Anwendungen für ultrafeines/Nano-Hartmetall
Ultrafeines/Nano-Hartmetall eignet sich gut für die folgenden hochpräzisen Mikrobearbeitungsszenarien:

Werkzeuge zur Halbleiterformverarbeitung
Die Legierung WC6Co0.5VC (Härte HV 2450, Fehler ±50) weist eine Bearbeitungsgenauigkeit von weniger als 0,05 Mikrometern (Fehler ±0,01 Mikrometer) und eine Lebensdauer von mehr als 10^5-mal (Fehler ±10^4-mal) auf und erfüllt damit die Anforderungen der Halbleiterindustrie an ultrahohe Präzision.

Werkzeuge zur Verarbeitung medizinischer Geräte
Die WC8Co0,5Cr_3C_2-Legierung (Oberflächenrauheit Ra kleiner als 0,01 Mikrometer , Fehler ±0,001 Mikrometer) weist eine Schnittgenauigkeit von weniger als 0,1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) auf und ist daher für die hochreine medizinische Fertigung geeignet.

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

Werkzeuge zur Bearbeitung von Luftfahrtteilen
Die Legierung WC6Co0,2VC (Verschleißrate 0,02 mm³ / N · m, Fehler ±0,01 mm³ / N · m) hat eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und eignet sich gut für das Hochgeschwindigkeitsschneiden im Luftfahrtbereich.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass sich ultrafeinkörniges Hartmetall aufgrund seiner hervorragenden Leistung zum Kernmaterial im Bereich der hochpräzisen Mikrobearbeitung entwickelt hat und seine Entwicklungsaussichten eine weitere Erforschung und Optimierung wert sind.

10.3.2 Feinkörniges Hartmetall

Feinkörniges Hartmetall zeichnet sich durch eine Korngröße im Bereich von 0,5 bis 2 Mikrometer (Toleranz ± 0,01 Mikrometer) aus, die ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Härte (HV 1800–2200, Toleranz ± 30) und Zähigkeit (10–15 MPa·m¹ / ², Toleranz ± 0,5) ermöglicht und gleichzeitig eine mäßige Verschleißfestigkeit (Verschleißrate 0,04–0,06 mm³/N·m, Toleranz ± 0,01 mm³/N·m) aufweist. Aufgrund dieser Kombination von Eigenschaften eignet es sich besonders für die allgemeine Zerspanung (Standzeit über 4000 Stunden, Toleranz ± 500 Stunden) und die Herstellung verschleißfester Teile (Standzeit über 10^5-fach, Toleranz ± 10^4-fach). Der Herstellungsprozess von feinkörnigem Hartmetall ist relativ ausgereift und erfolgt üblicherweise mittels Flüssigphasensintertechnologie bei einer kontrollierten Sintertemperatur von 1450 °C (Fehler ± 10 °C). Die Produktionskosten sind niedrig (weniger als 10 US-Dollar/kg, Fehler ± 0,5 US-Dollar/kg), was erhebliche wirtschaftliche Vorteile und breite Anwendungsaussichten in der industriellen Produktion mit sich bringt.

In diesem Abschnitt werden die Leistungsmerkmale und spezifischen Anwendungen detailliert analysiert. Die Vorteile von feinkörnigem Hartmetall hinsichtlich Härte, Zähigkeit und Verschleißfestigkeit sowie sein praktischer Anwendungswert im Bereich allgemeiner Schneid- und Verschleißteile werden eingehend untersucht. Durch eine systematische Untersuchung der Herstellungstechnologie, der Leistungsmechanismen und der Anwendungsszenarien bietet dieser Abschnitt Ingenieuren und Forschern in verwandten Bereichen umfassende technische Unterstützung und praktische Anleitung.

10.3.2.1 Leistungsmerkmale von feinkörnigem Hartmetall: Härte HV 1800-2200

Grundlagen und technischer Überblick über feinkörniges Hartmetall
Feinkörniges Hartmetall ist durch eine Korngröße von 0,5 bis 2 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) gekennzeichnet und erreicht durch einen Korngrenzenverfestigungsmechanismus (Korngrenzendichte beträgt etwa 10^{13} m^{-2} , Fehler ± 10^{12} m^{-2}) eine Härte von 1800 bis 2200 HV (Fehler ± 30) . Darunter sorgt Co als Bindephase (Gehalt 6 % bis 15 %, Fehler ± 1 %) durch seine plastische Verformbarkeit für Zähigkeit (10 – 15 MPa·m¹ / ², Fehler ± 0,5), während die

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

Verschleißfestigkeit des Materials auf einem moderaten Niveau bleibt (Verschleißrate 0,04 – 0,06 mm³/N·m, Fehler ± 0,01 mm³/N·m). Diese Leistungseigenschaft macht es besonders geeignet für das Schneiden mit mittlerer Geschwindigkeit (Schnittgeschwindigkeit 500 – 1.000 m/min, Fehler ± 10 m/min) und für Teile, die unter mittleren Belastungsbedingungen verwendet werden (Haltbarkeit mehr als 10^5-fach, Fehler ± 10^4-fach), und erfüllt unter Berücksichtigung von Härte und Zähigkeit eine Vielzahl von industriellen Anforderungen.

Zur genauen Bewertung der Leistung sind standardisierte Testmethoden erforderlich, darunter der Vickers-Härtetest (ASTM E92, Testlast 10 kg, Fehler ± 0,1 kg), der Bruchzähigkeitstest (ISO 28079, Messgenauigkeit ± 0,5 MPa·m¹ / ²) und der Verschleißleistungstest (ASTM G65, Testlast 130 Newton, Fehler ± 1 Newton). Am Beispiel der WC10Co-Legierung beträgt ihre Korngröße 1 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), die Härte erreicht HV 2000 (Fehler ± 30), die Zähigkeit beträgt 12 MPa·m¹ /² (Fehler ± 0,5) und die Verschleißrate beträgt etwa 0,05 mm³/N·m (Fehler ± 0,01 mm³/N·m), was die ausgewogene Leistung von feinkörnigem Hartmetall voll widerspiegelt.

Mechanismus und Analyse von feinkörnigem Hartmetall

Die Härte von feinkörnigem Hartmetall wird hauptsächlich durch die Korngröße bestimmt. Dieser Zusammenhang lässt sich durch die Hall-Petch-Gleichung beschreiben:

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

steht H0 für die Matrixhärte (ca. HV 1000, Fehler ±50), k für den Verstärkungsfaktor (ca. 500 MPa·μm¹ / ² , Fehler ±50 MPa·μm¹ / ²) und d für die Korngröße (z. B. 1 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer). Bei einer Korngröße von 1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) kann die Härte aufgrund der höheren Anzahl an Korngrenzen und der höheren Versetzungsdichte bei HV 2000 (Fehler ±30) stabilisiert werden. Die Co-Phase (Gehalt 10 %, Fehler ±1 %) absorbiert durch plastische Verformung (Dehnung ca. 1 %, Fehler ±0,1 %) externe Energie (mehr als 50 Joule/Quadratmeter, Fehler ±5 Joule/Quadratmeter), sodass die Zähigkeit 12 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5) erreicht. Darüber hinaus wird die Verschleißrate bei 0,05 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m) gehalten, was auf die Gleichmäßigkeit der Korngrenzenverteilung (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ±0,02 %) und die Kontinuität des Co-Netzwerks (Bedeckung mehr als 95 %, Fehler ±2 %) zurückzuführen ist.

Durch SEM-Analyse ist die Kornverteilung der WC10Co-Legierung sehr gleichmäßig (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %) und die Verteilung der Co-Phase relativ kontinuierlich (Abdeckung mehr als 95 %, Fehler ± 2 %). Der EDS-Test bestätigte weiterhin die gleichmäßige Verteilung des Co-Gehalts (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Der Verschleißleistungstest zeigt, dass bei einer Korngröße von 1 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) die Verschleißrate stabil bei 0,05 mm³/N·m (Fehler ± 0,01 mm³/N·m) ist. Wenn die Korngröße jedoch 2 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) überschreitet, steigt die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %), was mit der Schwächung der Korngrenzenverstärkung zusammenhängt. Die Zähigkeit nimmt mit zunehmendem Co-Gehalt zu Wenn der Co-Gehalt 15 % (Fehler ±1 %) erreicht, kann die Zähigkeit auf 15 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5) erhöht werden, dies führt

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

jedoch auch zu einer Verringerung der Härte, was darauf hindeutet, dass eine Optimierung zwischen Härte und Zähigkeit erforderlich ist.

Analyse der Faktoren, die sich auf feinkörniges Hartmetall auswirken

Die Leistung von feinkörnigem Hartmetall wird durch eine Kombination von Faktoren beeinflusst. Das beste Leistungsgleichgewicht muss durch die Optimierung der Prozessparameter und der Zusammensetzungsgestaltung erreicht werden:

Körnung

Wenn die Korngröße im Bereich von 0,5 μm bis 1 μm (Fehler ± 0,01 μm) liegt, kann die Härte über HV 2000 (Fehler ± 30) stabilisiert werden; wenn sie jedoch 2 μm (Fehler ± 0,01 μm) überschreitet, sinkt die Härte um etwa 10 % (Fehler ± 2 %), was eng mit der Abschwächung der Korngrenzenverstärkung zusammenhängt.

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 10 % (Fehler ±1 %) erreicht die Zähigkeit 12 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5); übersteigt sie jedoch 15 % (Fehler ±1 %), verringert sich die Härte um etwa 15 % (Fehler ±3 %), was auf die erweichende Wirkung der Co-Phase zurückzuführen sein kann.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) kann die Dichte des Materials über 99,5 % (Fehler ±0,1 %) erreichen. Übersteigt die Temperatur jedoch 1500 °C (Fehler ±10 °C), erhöht sich die Korngröße um etwa 15 % (Fehler ±3 %), was sich auf die Härte auswirkt.

Inhibitorzugabe

Durch die Zugabe von 0,2 % (Fehler ±0,01 %) VC kann die Korngröße wirksam stabilisiert werden; ohne Inhibitoren erhöht sich die Korngröße um etwa 10 % (Fehler ±2 %), was die Bedeutung von Inhibitoren bei der Kornkontrolle zeigt.

Externe Lasten

Wenn die Schnittgeschwindigkeit im Bereich von 500–1000 m/min (Fehler ± 10 m/min) liegt, ist die Leistung ausgeglichen. Übersteigt sie jedoch 1000 m/min (Fehler ± 10 m/min), erhöht sich die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %) und die Einsatzbedingungen müssen angepasst werden. Am Beispiel von WC15Co beträgt die Korngröße 2 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und die Härte sinkt auf HV 1800 (Fehler ± 30), was darauf hindeutet, dass eine übermäßige Erhöhung der Korngröße und des Co-Gehalts die Härte schwächt.

Um eine Härte über HV 2000 (Fehler ±30) und eine Zähigkeit über 12 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5) zu erreichen, werden folgende **Optimierungsstrategien**
empfohlen:

Korngrößenkontrolle

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

Durch Zugabe eines VC-Inhibitors wird die Korngröße auf 0,5 μm bis 1 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert, um den Korngrenzenverstärkungseffekt zu maximieren.

Anpassung des Co-Gehalts

Der Co-Gehalt wird zwischen 8 % und 12 % (±1 %) gehalten, um das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit zu erreichen.

Optimierung des Sinterprozesses: Es wurde ein Flüssigphasensinterprozess angewendet, die Sintertemperatur wurde auf 1450 °C (Fehler ±10 °C) eingestellt und der angewandte Druck betrug 50 MPa (Fehler ±1 MPa), um sicherzustellen, dass die Dichte 99,5 % (Fehler ±0,1 %) überstieg.

Oberflächenbehandlung

Durch ein Präzisionspolierverfahren kann die Oberflächenrauheit auf weniger als Ra 0,05 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) kontrolliert und die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert werden.

Testspezifikationen

Um die Datengenauigkeit sicherzustellen, wird die Härte gemäß ASTM E92 und die Bruchzähigkeit gemäß ISO 28079 geprüft.

Beispielsweise erreicht die Härte der WC10Co-Legierung (Korngröße 1 μm , Fehler ±0,01 μm) HV 2000 (Fehler ±30) und die Zähigkeit beträgt 12 MPa·m^{1} /^{2} (Fehler ±0,5), was die Wirksamkeit der Optimierungsstrategie voll und ganz bestätigt.

Technische Anwendungen für feinkörniges Hartmetall

Feinkörniges Hartmetall eignet sich aufgrund seiner ausgewogenen Leistung und Kostenvorteile in vielen allgemeinen Szenarien gut, darunter:

Allgemeines Schneiden: Die WC10Co-Legierung (Härte HV 2000, Toleranz ±30) hat eine Schnittlebensdauer von mehr als 4000 Stunden (Toleranz ±500 Stunden), besonders geeignet für das Schneiden von Stahl und Gusseisen mit mittlerer Geschwindigkeit.

Verschleißfeste Teile

Die WC12Co-Legierung (Verschleißrate 0,05 mm^{3}/N·m, Fehler ±0,01 mm^{3}/N·m) hat eine Lebensdauer von mehr als dem 10^{5}-Fachen (Fehler ±10^{4}-Fachen) und wird häufig in verschleißfesten Auskleidungen und Verschleißteilen verwendet.

Gleitringdichtung

Die WC8Co-Legierung (Zähigkeit 12 MPa·m^{1} / ^{2}, Fehler ±0,5) hat eine Oberflächenrauheit Ra von weniger als 0,05 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit, wodurch sie sich für die Herstellung von Pumpen, Ventilen und Dichtungen eignet.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass feinkörniges Hartmetall aufgrund seiner hervorragenden

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

Leistung und niedrigen Kosten in allgemeinen Szenarien zur idealen Wahl geworden ist und dass sein Anwendungsbereich und Marktpotenzial eine weitere Erforschung wert sind.

10.3.2.2 Anwendung von feinkörnigem Hartmetall: universelle Schneid- und Verschleißteile

Grundlagen und technischer Überblick zu feinkörnigem Hartmetall

Feinkörniges Hartmetall (Korngröße 0,5 bis 2 Mikron, Fehler ± 0,01 Mikron) verfügt aufgrund seiner Härte von 1800 bis 2200 HV (Fehler ± 30), Zähigkeit von 10 – 15 MPa·m¹ /² (Fehler ± 0,5) und mäßigen Verschleißfestigkeit (Verschleißrate 0,04 – 0,06 mm³/N·m, Fehler ± 0,01 mm³/N·m) über ein breites Anwendungspotenzial bei der Herstellung von Allzweck-Schneidwerkzeugen und verschleißfesten Teilen. Diese Werkzeuge können bei Schnittgeschwindigkeiten von 500 bis 1.000 m/min (Fehler ± 10 m/min) eine hohe Leistung aufrechterhalten und haben eine Lebensdauer von über 4.000 Stunden (Fehler ± 500 Stunden), während die Lebensdauer der verschleißfesten Teile mehr als das 10^5-fache (Fehler ± 10^4-fache) erreichen kann. Zudem sind die Produktionskosten von feinkörnigem Hartmetall niedrig (weniger als 10 USD/kg, mit einem Fehler von ± 0,5 USD/kg) und es lässt sich leicht skalieren (die jährliche Produktion übersteigt 10^4 kg, mit einem Fehler von ± 10^3 kg/Jahr), was ihm in industriellen Anwendungen erhebliche wirtschaftliche Vorteile verschafft.

Zur Überprüfung seiner Anwendungsleistung sind Schneidtests (ISO 3685, Messgenauigkeit ±0,01 mm), Verschleißtests (ASTM G65, Messgenauigkeit ±0,01 mm³/N·m) und Ermüdungstests (ASTM E466, Messgenauigkeit ±10^4-fach) erforderlich. Am Beispiel der WC10Co-Legierung beträgt ihre Korngröße 1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer), die Schneidlebensdauer übersteigt 4000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und die Verschleißrate beträgt etwa 0,05 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m), was ihre hervorragende Leistung beim allgemeinen Schneiden voll und ganz demonstriert.

Mechanismus und Analyse von feinkörnigem Hartmetall

Die Korngröße von feinkörnigem Hartmetall beträgt 1 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), was durch den Mechanismus der Korngrenzenverstärkung eine Härte von HV 2000 (Fehler ± 30) ergibt, während die Co-Phase (Gehalt 10 %, Fehler ± 1 %) durch plastische Deformation für Zähigkeit (Zähigkeit 12 MPa·m¹ /², Fehler ± 0,5) sorgt und so die Risswachstumsrate (weniger als 10^{-3} mm/s, Fehler ± 10^{-4} mm/s) wirksam verringert. Die Verschleißrate wird bei 0,05 mm³/N·m (Fehler ± 0,01 mm³/N·m) gehalten, was auf die Gleichmäßigkeit der Korngrenzenverteilung (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %) und den Reibungsminderungseffekt durch den Oberflächenpolierprozess (Oberflächenrauheit Ra weniger als 0,05 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) zurückzuführen ist.

Die SEM-Analyse zeigt, dass die Verschleißmorphologie der WC10Co-Legierung nach dem Schneiden gleichmäßig ist (Verschleißtiefe unter 0,05 mm, Fehler ± 0,01 mm). Der EDS-Test bestätigt die gleichmäßige Verteilung der Co-Phase (Abweichung unter 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Die Ergebnisse des Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer der WC10Co-Legierung über 4000 Stunden (Fehler ± 500 Stunden) beträgt, was eine deutliche Verbesserung gegenüber der

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

grobkörnigen WC10Co-Legierung (Körnung 3 µm, Fehler ± 0,01 µm, Lebensdauer 3000 Stunden, Fehler ± 500 Stunden) darstellt. Dies zeigt, dass die feinkörnige Struktur deutliche Vorteile hinsichtlich der Verlängerung der Lebensdauer und der Verbesserung der Verschleißfestigkeit bietet.

Analyse der Faktoren, die feinkörniges Hartmetall beeinflussen.

Die Anwendungswirkung von feinkörnigem Hartmetall wird durch viele Faktoren eingeschränkt und die Leistung muss durch Prozessoptimierung und Anpassung der Einsatzbedingungen verbessert werden:

Körnung

Wenn die Korngröße im Bereich von 0,5 Mikrometer bis 1 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) liegt, ist die Standzeit des Werkzeugs lang; übersteigt sie jedoch 2 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), erhöht sich die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %).

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 10 % (Fehler ±1 %) ist die Zähigkeit ausgezeichnet; übersteigt er jedoch 15 % (Fehler ±1 %), verringert sich die Härte um etwa 15 % (Fehler ±3 %), was sich auf die Schneidleistung auswirkt.

Oberflächenbehandlung

Wenn die Oberflächenrauheit durch Polieren auf weniger als Ra 0,05 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) kontrolliert wird, kann die Standzeit des Werkzeugs um etwa 15 % (Fehler ± 3 %) erhöht werden; wenn die Rauheit 0,1 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) überschreitet, erhöht sich die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %).

Schnittgeschwindigkeit

Im Schnittgeschwindigkeitsbereich von 500–1000 m/min (Fehler ±10 m/min) ist die Leistung ausgeglichen; wenn sie jedoch 1000 m/min (Fehler ±10 m/min) überschreitet, erhöht sich die Verschleißrate um etwa 15 % (Fehler ±3 %).

Werkstückstoff

Bei der Bearbeitung von Stahl (Härte HV unter 500, Fehler ±50) ist die Leistung ausgezeichnet; bei Werkstücken aus Hartmetall ist jedoch eine ultrafeine Kornstruktur erforderlich, um die Verschleißfestigkeit zu verbessern.

Am Beispiel von WC15Co beträgt die Korngröße 2 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und die Schnittlebensdauer sinkt auf 3500 Stunden (Fehler ± 500 Stunden), was darauf hindeutet, dass eine übermäßige Erhöhung der Korngröße und des Co-Gehalts die Leistung schwächt.

Um eine Schneidlebensdauer von mehr als 4000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und eine Verschleißrate von weniger als 0,06 $mm^3 / N \cdot m$ (Fehler ±0,01 $mm^3 / N \cdot m$) zu erreichen, werden folgende **Optimierungsstrategien**

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

empfohlen:

Korngrößenkontrolle
Durch den Flüssigphasensinterprozess wird die Korngröße zwischen 0,5 Mikron und 1 Mikron (Fehler ± 0,01 Mikron) kontrolliert, um eine hohe Härte und Verschleißfestigkeit zu gewährleisten.

Anpassung des Co-Gehalts
Der Co-Gehalt wird zwischen 8 % und 12 % (±1 %) gehalten, um Härte und Zähigkeit auszugleichen.

Oberflächenoptimierung
Durch ein Präzisionspolierverfahren kann die Oberflächenrauheit auf Ra weniger als 0,05 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) kontrolliert und die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert werden.

Beschichtungshilfe
Durch das Aufbringen einer TiN -Beschichtung (Dicke 2 Mikrometer, Toleranz ± 0,1 Mikrometer) kann die Standzeit des Werkzeugs um ca. 20 % (Toleranz ± 3 %) erhöht werden.

Testspezifikationen
Um den Optimierungseffekt zu überprüfen, wurden Schneidtests gemäß ISO 3685 durchgeführt und die Verschleißleistung gemäß ASTM G65 getestet.

Beispielsweise beträgt die Schnittlebensdauer der WC10Co-Legierung (Korngröße 1 μm , Fehler ±0,01 μm , Oberflächenrauheit Ra kleiner als 0,05 μm , Fehler ±0,01 μm) mehr als 4000 Stunden (Fehler ±500 Stunden), was den Erfolg der Optimierungsstrategie voll und ganz belegt.

Technische Anwendungen für feinkörniges Hartmetall
Feinkörniges Hartmetall eignet sich gut für die folgenden allgemeinen Schneid- und Verschleißfestigkeitsszenarien:

Feinkörnige Hartmetall-Drehwerkzeuge
Die WC10Co-Legierung (Härte HV 2000, Toleranz ±30) hat eine Schnittlebensdauer von mehr als 4000 Stunden (Toleranz ±500 Stunden) und eignet sich besonders für die allgemeine Drehbearbeitung von Stahl und Gusseisen.

Verschleißfeste Auskleidung aus feinkörnigem Hartmetall
Die WC12Co-Legierung (Verschleißrate 0,05 $mm^3/N \cdot m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N \cdot m$) hat eine Lebensdauer von mehr als 10^5-mal (Fehler ±10^4-mal) und wird häufig für verschleißfeste Teile im Bergbau und in der Bauindustrie verwendet.

Pumpen- und Ventilteile aus Feinkorn-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

Die WC8Co-Legierung (Zähigkeit 12 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) hat eine Oberflächenrauheit Ra von weniger als 0,05 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit, wodurch sie sich für die Herstellung von Pumpen und Ventilen in der Chemie- und Erdölindustrie eignet.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass sich feinkörniges Hartmetall aufgrund seiner ausgewogenen Leistung, seiner geringen Kosten und seiner hohen Produktionseffizienz zu einem idealen Material für die allgemeine Herstellung von Schneid- und Verschleißteilen entwickelt hat und dass sein Anwendungsbereich und Marktpotenzial eine weitere Ausweitung wert sind.

10.3.3 Mittel-/Grobkorn-Hartmetall

Mittel-/grobkörniges Hartmetall zeichnet sich durch eine Korngröße von 2 bis 10 Mikrometern (Fehler ± 0,01 Mikrometer) aus. Diese größere Korngröße verleiht ihm eine hohe Zähigkeit (über 20 MPa·m¹ /², Fehler ± 0,5), während seine Härte relativ gering ist (HV 1300–1800, Fehler ± 30), seine Schlagzähigkeit jedoch ausgezeichnet ist (über 10^6-fach, Fehler ± 10^5-fach), wodurch es sich besonders für den Bergbau (Bohrerlebensdauer über 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden) und die Herstellung von Hochleistungswerkzeugen (Schlagzähigkeit über 10^6-fach, Fehler ± 10^5-fach) eignet. Der Herstellungsprozess von mittel-/grobkörnigem Hartmetall ist relativ einfach und erfolgt üblicherweise mithilfe der Sintertechnologie in einem Temperaturbereich von 1450 °C bis 1500 °C (Fehler ±10 °C). Die Produktionskosten sind niedrig (weniger als 8 US-Dollar/kg, Fehler ±0,5 US-Dollar/kg), was das Material in Bereichen, in denen hohe Zähigkeit und Schlagfestigkeit erforderlich sind, besonders kosteneffizient und praktisch macht.

In diesem Abschnitt werden die beiden Aspekte der Zähigkeitsoptimierung und spezifische Anwendungen detailliert erläutert. Außerdem werden die technischen Eigenschaften und Vorteile von mittel-/grobkörnigem Hartmetall in Bezug auf hochzähe Konstruktionen, Leistungsmechanismen sowie Anwendungen im Bergbau und bei Hochleistungswerkzeugen eingehend analysiert. Durch eine systematische Untersuchung von Herstellungsprozessen, Einflussfaktoren und Optimierungsstrategien soll dieser Abschnitt umfassende technische Referenzen und praktische Anleitungen für Ingenieure und Forscher in verwandten Bereichen bieten.

10.3.3.1 Optimierung der Zähigkeit von mittel-/grobkörnigem Hartmetall

Grundprinzipien und technischer Überblick zu mittel-/grobkörnigem Hartmetall

Mittel-/grobkörniges Hartmetall ist durch eine Korngröße von 2 bis 10 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) gekennzeichnet und weist durch einen höheren Co-Gehalt (15 bis 20 %, Fehler ±1 %) und eine größere Korngröße eine deutlich verbesserte Zähigkeit (über 20 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) auf. Obwohl seine Härte zwischen 1300 und 1800 HV (Fehler ±30) liegt und damit niedriger ist als die von fein- oder ultrafeinkörnigen Legierungen, weist es eine extrem hohe Schlagzähigkeit (über 10^6- fach, Fehler ±10^5-fach) auf und ist daher besonders für Szenarien mit hoher Schlagzähigkeit geeignet, wie z. B. Bergbaubohrer und Schmiedegesenke. Eine größere Korngröße (z. B. 5

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

Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer) führt zu einer geringeren Korngrenzendichte (ungefähr 10^{12} m^{-2} , Fehler ±10^{11} m^{-2}) , was die Härte reduziert, aber die Rissausbreitungsbeständigkeit des Materials deutlich verbessert, sodass es bei hoher Beanspruchung eine gute Leistung erbringt.

Zur genauen Bewertung der Zähigkeits- und Schlagfestigkeitseigenschaften sind standardisierte Testmethoden erforderlich, darunter ein Bruchzähigkeitstest (ISO 28079, Messgenauigkeit ±0,5 MPa·m¹ / ²) , ein Schlagfestigkeitstest (ASTM E23, Messgenauigkeit ±10⁴-fach) und ein Härtetest (ASTM E92, Testlast 10 kg, Fehler ±0,1 kg). Am Beispiel der WC20Co-Legierung beträgt ihre Korngröße 5 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer), die Zähigkeit erreicht 22 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5), die Härte beträgt HV 1400 (Fehler ±30) und die Schlagfestigkeit übersteigt das 10⁶-fache (Fehler ±10⁵-fach), was die hervorragende Leistung von mittel-/grobkörnigem Hartmetall in hochzäher Ausführung voll und ganz unterstreicht.

Mechanismus und Analyse von

mittel-/grobkörnigem Hartmetall Die Zähigkeit von mittel-/grobkörnigem Hartmetall wird hauptsächlich durch die plastische Verformbarkeit der Co-Phase und die Korngröße bestimmt. Dieser Zusammenhang lässt sich durch den folgenden Mechanismus beschreiben: $K_{Ic} \propto f_{Co} \cdot d^{1/2}$

Dabei ist d die Korngröße (z. B. 5 μm , ±0,01 μm Fehler) und fCo $_{ist}$ der Volumenanteil von Co (z. B. 20 %, ±1 %). Das Co-Netzwerk (Volumenanteil 20 %, ±1 %) absorbiert durch seine hohe Plastizität (Dehnung ca. 1 %, ±0,1 %) Aufprallenergie (über 100 J/m², Fehler ±10 J/m²), was zu einer Zähigkeit von 22 MPa·m² (Fehler ±0,5) führt. Mit zunehmender Korngröße nimmt jedoch die Härte ab, da die Korngrenzenverfestigung nachlässt. Bei einer Korngröße von 5 μm (Fehler ±0,01 μm) stabilisiert sich die Härte bei HV 1400 (Fehler ±30).

Durch SEM-Analyse ist die Kornverteilung der WC20Co-Legierung sehr gleichmäßig (Abweichung unter 0,1 %, Fehler ± 0,02 %) und die Verteilung der Co-Phase relativ kontinuierlich (Bedeckung über 95 %, Fehler ± 2 %), was eine mikroskopische Grundlage für hohe Zähigkeit bietet. EDS-Tests bestätigten zusätzlich die gleichmäßige Verteilung des Co-Gehalts (Abweichung unter 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Tests der Schlagzähigkeit zeigen, dass die Schlagzähigkeit der WC20Co-Legierung das 10⁶-fache (Fehler ± 10⁵-fache) übersteigt, was eine deutliche Verbesserung gegenüber der feinkörnigen WC10Co-Legierung (Korn 1 Mikron, Fehler ± 0,01 Mikron , Schlagzähigkeit 10⁵-fach, Fehler ± 10⁴-fach) darstellt. Das zeigt, dass größere Korngrößen und höhere Co-Gehalte eine Schlüsselrolle bei der Verbesserung der Schlagzähigkeit spielen.

Analyse der Faktoren, die mittel-/grobkörniges Hartmetall beeinflussen

Die Zähigkeit von mittel-/grobkörnigem Hartmetall wird durch eine Kombination von Faktoren beeinflusst und das beste Leistungsgleichgewicht muss durch die Optimierung der Prozessparameter und der Zusammensetzungsgestaltung erreicht werden:

Körnung

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

Wenn die Korngröße im Bereich von 5 bis 10 Mikrometern liegt (Fehler ±0,01 Mikrometer), kann die Zähigkeit bei über 20 MPa·m¹ /² stabilisiert werden (Fehler ±0,5); wenn sie jedoch weniger als 2 Mikrometer beträgt (Fehler ±0,01 Mikrometer), nimmt die Zähigkeit um etwa 20 % ab (Fehler ±3 %), was mit der Zunahme der Korngrenzendichte zusammenhängt.

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 20 % (Fehler ±1 %) ist die Zähigkeit optimal; liegt er jedoch unter 15 % (Fehler ±1 %), verringert sich die Zähigkeit um etwa 15 % (Fehler ±3 %), was auf einen Mangel im Co-Netzwerk zurückzuführen sein kann.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) kann die Dichte des Materials über 99,5 % (Fehler ±0,1 %) erreichen. Übersteigt die Temperatur jedoch 1500 °C (Fehler ±10 °C), nimmt die Entmischung der Co-Phase um etwa 10 % (Fehler ±2 %) zu, was sich auf die Zähigkeit auswirkt.

Kohlenstoffgehalt

Wenn die Abweichung des Kohlenstoffgehalts auf ±0,1 % (Fehler ±0,01 %) kontrolliert wird, bleibt die Zähigkeit stabil; wenn sie zu niedrig ist (weniger als 0,2 %, Fehler ±0,01 %), führt die Bildung der η-Phase zu einer Verringerung der Zähigkeit um etwa 20 % (Fehler ±3 %).

Schlagfrequenz

Wenn die Anzahl der Schläge 10^6 ($\pm10^5$) übersteigt , ist die Leistung der WC20Co-Legierung gut; wenn die Anzahl der Schläge jedoch weniger als 10^5 ($\pm10^4$) beträgt , sind feinkörnige Legierungen möglicherweise besser geeignet.

Nehmen wir WC15Co als Beispiel: Seine Korngröße beträgt 2 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und die Zähigkeit sinkt auf 15 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5), was darauf hindeutet, dass eine unzureichende Korngröße und ein unzureichender Co-Gehalt die Zähigkeit schwächen.

Um eine Zähigkeit von über 20 MPa·m¹ /² (Toleranz ±0,5) und eine Härte von über HV 1400 (Toleranz ±30) zu erreichen, werden folgende Optimierungsstrategien empfohlen **:**

Korngrößenkontrolle

Die Korngröße wird ohne Verwendung von Inhibitoren auf 5 bis 10 Mikrometer (± 0,01 Mikrometer Toleranz) kontrolliert, um die größeren Körner für eine verbesserte Zähigkeit voll auszunutzen.

Anpassung des Co-Gehalts

Der Co-Gehalt wird bei 15 % bis 20 % (Fehler ±1 %) gehalten, um die Schlagfestigkeit und Zähigkeit des Materials zu verbessern.

Optimierung des Sinterprozesses: Der Sinterprozess wurde mit einer Temperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) und einem angewandten Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) durchgeführt, um eine Dichte von über 99,5 % (Fehler ±0,1 %) zu gewährleisten.

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

Kontrolle des Kohlenstoffgehalts
Halten Sie die Abweichung des Kohlenstoffgehalts unter ±0,1 % (Fehler ±0,01 %), um die Bildung der η-Phase zu vermeiden.

Testspezifikationen
Zur Prüfung der Bruchzähigkeit wurde die Norm ISO 28079 und zur Prüfung der Schlagzähigkeit die Norm ASTM E23 verwendet, um den Optimierungseffekt zu verifizieren.

Beispielsweise erreicht die Zähigkeit der WC20Co-Legierung (Korngröße 5 μm , Fehler ±0,01 μm) 22 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5) und die Härte beträgt HV 1400 (Fehler ±30), was die Wirksamkeit der Optimierungsstrategie voll und ganz bestätigt.

Technische Anwendungen
/ Grobkörniges Hartmetall eignet sich aufgrund seiner hohen Zähigkeit und Schlagfestigkeit gut für zahlreiche Szenarien mit hoher Schlagbelastung, darunter:
Mittel-/grobkörnige Hartmetall-Bohrer für den Bergbau: WC20Co-Legierung (Zähigkeit 22 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) mit einer Schlagfestigkeit von mehr als 10^6-fach (Fehler ±10^5-fach) und einer Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden), besonders geeignet zum Bohren in Gestein.
Mittel-/Grobkörnige Hartmetall-Schmiedegesenke: WC15Co-Legierung (Härte HV 1400, Toleranz ±30) mit einer Lebensdauer von mehr als 10 ⁴ Stunden (Toleranz ±10 ³ Stunden), die den Anforderungen an die Schlagfestigkeit beim Schwerschmieden gerecht wird.

Hochleistungs-Liner aus mittel-/grobkörnigem Hartmetall: WC20Co-Legierung (Schlagfestigkeit über 10^6-fach, Fehler ±10^5-fach) mit einer Verschleißrate von ca. 0,08 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m). Die mittlere Verschleißfestigkeit ist für schwere Beanspruchung geeignet.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass mittel-/grobkörniges Hartmetall aufgrund seiner hohen Zähigkeit und niedrigen Kosten eine ideale Wahl für Szenarien mit hoher Schlagzähigkeit ist und sein Anwendungspotenzial einer weiteren Entwicklung würdig ist.

10.3.3.2 Mittel-/Grobkörnige Hartmetallanwendungen: Bergbau und Hochleistungswerkzeuge

Grundprinzipien und technischer Überblick zu mittel-/grobkörnigem Hartmetall
Mittel-/grobkörniges Hartmetall (Korngröße 2 bis 10 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) hat aufgrund seiner hohen Zähigkeit (über 20 MPa·m¹/², Fehler ± 0,5) und hervorragenden Schlagfestigkeit (über 10^6-fach, Fehler ± 10^5-fach) breite Anwendungsaussichten bei der Herstellung von Bohrkronen für den Bergbau (Lebensdauer über 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden) und Hochleistungswerkzeugen (wie Schmiede- und Brechanlagen) gezeigt. Sein Härtebereich liegt im mittleren Bereich zwischen HV 1300 und 1800 (Fehler ± 30), die Produktionskosten sind niedrig

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

(weniger als 8 US-Dollar/kg, Fehler ± 0,5 US-Dollar/kg) und die Produktion im großen Maßstab ist leicht zu erreichen (die jährliche Produktion übersteigt 10^4 kg, Fehler ± 10^3 kg/Jahr), wodurch es in der Schwerindustrie erhebliche wirtschaftliche Vorteile bietet.

Zur Überprüfung der Anwendungsleistung sind Schlagfestigkeitstests (ASTM E23, Messgenauigkeit ±10^4-fach), Verschleißfestigkeitstests (ASTM G65, Messgenauigkeit ±0,01 $mm^3/N·m$) und Ermüdungsfestigkeitstests (ASTM E466, Messgenauigkeit ±10^4-fach) erforderlich. Am Beispiel der WC20Co-Legierung beträgt ihre Korngröße 5 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer), die Schlagfestigkeit übersteigt das 10^6-fache (Fehler ±10^5-fach) und die Verschleißrate beträgt etwa 0,08 $mm^3/N·m$ (Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$), was ihre hervorragende Leistung unter Schwerlastbedingungen voll und ganz demonstriert.

Mechanismus und Analyse von mittel-/grobkörnigem Hartmetall

Die Korngröße von mittel-/grobkörnigem Hartmetall beträgt 5 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und bietet in Kombination mit einem Co-Gehalt von 20 % (Fehler ± 1 %) eine hohe Zähigkeit (Zähigkeit 22 $MPa·m^{1/2}$, Fehler ± 0,5), wodurch die Risswachstumsrate wirksam verringert wird (weniger als 10^{-3} mm/s, Fehler ± 10^{-4} mm/s). Die Härte wird auf einem mittleren Niveau von HV 1400 (Fehler ± 30) gehalten, und die Verschleißfestigkeit ist etwas mangelhaft (Verschleißrate 0,08 $mm^3/N·m$, Fehler ± 0,01 $mm^3/N·m$), was auf die große Korngröße zurückzuführen ist, die die Korngrenzendichte verringert. Durch SEM-Analyse ist die Risslänge der WC20Co-Legierung nach dem Aufprall gering (weniger als 0,1 mm, Fehler ± 0,01 mm), und EDS-Tests bestätigen die gleichmäßige Verteilung der Co-Phase (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Schlagfestigkeitstests zeigen, dass die Schlagfestigkeit der WC20Co-Legierung das 10^6-fache (Fehler ± 10^5-fache) übersteigt, was deutlich besser ist als die der feinkörnigen WC10Co-Legierung (Korngröße 1 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer , Schlagfestigkeit 10^5-fache, Fehler ± 10^4-fache).

Analyse der Faktoren, die mittel-/grobkörniges Hartmetall beeinflussen.

Die Anwendungswirkung von mittel-/grobkörnigem Hartmetall wird durch viele Faktoren eingeschränkt und die Leistung muss durch Prozessoptimierung und Anpassung der Einsatzbedingungen verbessert werden:

Körnung

Wenn die Korngröße im Bereich von 5 bis 10 Mikrometern (Fehler ± 0,01 Mikrometer) liegt, ist die Schlagfestigkeit optimal; wenn sie jedoch weniger als 2 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) beträgt, verringert sich die Schlagfestigkeit um etwa 20 % (Fehler ± 3 %).

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 20 % (Fehler ±1 %) ist die Zähigkeit ausgezeichnet; liegt er jedoch unter 15 % (Fehler ±1 %), verringert sich die Zähigkeit um etwa 15 % (Fehler ±3 %).

Oberflächenzustand

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

Wenn die Oberflächenrauheit durch Polieren auf Ra weniger als 0,1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) kontrolliert wird, kann die Lebensdauer um etwa 10 % (Fehler ±2 %) erhöht werden; wenn die Rauheit 0,5 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) übersteigt, erhöht sich die Verschleißrate um etwa 15 % (Fehler ±3 %).

Schlagfestigkeit

die Anzahl der Schläge 10^6 ($\pm10^5$) übersteigt , ist die WC20Co-Legierung leistungsfähig; wenn sie jedoch weniger als 10^5 ($\pm10^4$) beträgt , sind feinkörnige Legierungen möglicherweise besser geeignet.

Umweltfaktoren

In einer sandsteinhaltigen Umgebung (SiO_2 -Gehalt über 50 %, Fehler ±5 %) erhöht sich die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ±2 %).

Nehmen wir WC15Co als Beispiel: Seine Korngröße beträgt 2 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und die Schlagfestigkeit sinkt auf das 5×10^5-fache (Fehler $\pm10^4$-fache), was darauf hindeutet, dass eine unzureichende Korngröße die Schlagfestigkeit schwächt.

Optimierungsstrategie für mittel-/grobkörniges Hartmetall

Um eine Schlagzähigkeit von mehr als dem 10^6-fachen (Fehler $\pm10^5$-fach) und eine Zähigkeit von mehr als 20 $MPa\cdot m^{1/2}$ (Fehler ±0,5) zu erreichen, wird folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Korngrößenkontrolle

Die Korngröße wird zwischen 5 und 10 Mikrometern (± 0,01 Mikrometer Toleranz) kontrolliert, um Zähigkeit und Schlagfestigkeit zu optimieren.

Anpassung des Co-Gehalts

Der Co-Gehalt wird bei 15 % bis 20 % (±1 %) gehalten, um die Schlagfestigkeit zu verbessern.

Sinterprozessoptimierung

Der Sinterprozess wurde mit einer Temperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) und einem angewandten Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) durchgeführt, um eine Dichte von über 99,5 % (Fehler ±0,1 %) sicherzustellen.

Oberflächenoptimierung

Durch ein Präzisionspolierverfahren kann die Oberflächenrauheit auf weniger als 0,1 Mikrometer Ra (Fehler ± 0,01 Mikrometer) kontrolliert und die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert werden.

Testspezifikationen

Um den Optimierungseffekt zu überprüfen, wurde der Aufpralltest gemäß ASTM E23 durchgeführt und das Verschleißverhalten gemäß ASTM G65 getestet.

Beispielsweise weist die WC20Co-Legierung (Korngröße 5 μm , Fehler ±0,01 μm) eine

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

Schlagfestigkeit von mehr als dem 10^6-fachen (Fehler $\pm10^5$-fach) auf, was den Erfolg der Optimierungsstrategie voll und ganz belegt.

Technische Anwendungen für Hartmetall mit mittlerer/grober Körnung

Mittel-/Grobkornhartmetall eignet sich hervorragend für die folgenden Bergbau- und Schwerlastanwendungen:
Mittel-/grobkörnige Hartmetall-Bergbaubohrer: WC20Co-Legierung (Zähigkeit 22 MPa·m¹ / ², Toleranz ±0,5) mit einer Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Toleranz $\pm10^3$ Stunden), besonders geeignet für Felsbohrarbeiten mit hoher Schlagkraft.

Mittel-/grobkörniger Hartmetall-Brechhammerkopf: WC15Co-Legierung (Schlagfestigkeit übersteigt das 10^6-fache, Fehler $\pm10^5$-fache) mit einer Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Fehler $\pm10^3$ Stunden), erfüllt die hohen Anforderungen von Brechgeräten.

Tunnelbohrwerkzeuge aus Hartmetall mit mittlerer/grober Körnung: Die Legierung WC20Co (Verschleißrate 0,08 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) weist eine ausgezeichnete Schlagfestigkeit auf und eignet sich für den Tunnel- und Bergbau .

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass sich mittel-/grobkörniges Hartmetall aufgrund seiner hohen Zähigkeit, Schlagfestigkeit und niedrigen Kosten zu einem idealen Material für den Bergbau und die Herstellung von Hochleistungswerkzeugen entwickelt hat und dass seine Anwendungsaussichten eine weitere Erforschung wert sind.

10.3.4 Korngrößenverteilung und Leistungskontrolle von Hartmetall

Die Korngrößenverteilung von Hartmetall kann die Gesamtleistung des Materials durch eine bimodale Struktur (Kombination aus feinen und groben Körnern) und ein optimiertes Gradientendesign erheblich verbessern, einschließlich Härte (HV 1800–2400, Fehler ±30), Zähigkeit (K_{1} c 10–20 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) und Verschleißfestigkeit (Verschleißrate 0,03–0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m). Diese Verteilungskontrolle beruht auf präzisen Vorbereitungsprozessen, wie etwa der Schichtsintertechnologie (Temperaturbereich 1450 °C bis 1600 °C, Fehler ±10 °C) und modernen mikroskopischen Analysemethoden (wie etwa SEM/TEM, Auflösung unter 0,1 Mikrometer , Fehler ±0,01 Mikrometer), um den vielfältigen Anforderungen an Verbundwerkstoffe in den Bereichen Werkzeuge, Formen usw. gerecht zu werden. Dieses Strukturdesign gleicht Härte und Zähigkeit durch Optimierung der Kornverteilung effektiv aus und verbessert so die Haltbarkeit und den Anwendungsbereich des Materials erheblich.

In diesem Abschnitt werden zwei Aspekte detailliert analysiert: die bimodale Kornstruktur und das Gradientenkorn. Außerdem werden deren Leistungsregulierungsmechanismen und Vorteile in der Praxis untersucht. Durch eine systematische Untersuchung des Herstellungsprozesses, der mikroskopischen Mechanismen und der technischen Anwendung soll dieser Abschnitt Technikern

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

in verwandten Bereichen theoretische Unterstützung und praktische Anleitung bieten.

10.3.4.1 Zweigipfelige Kornstruktur von Hartmetall (Feinkorn + Grobkorn)

Grundprinzipien und Technologieübersicht

Die bimodale Kornstruktur von Hartmetall wird durch die Kombination von Feinkörnern (0,5 bis 1 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) und Grobkörnern (5 bis 10 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) erreicht . Der Feinkornanteil bietet durch Korngrenzenverstärkung eine hohe Härte (HV 2000–2400, Fehler ± 30), während der Grobkornanteil durch Co-Phasenüberbrückung die Zähigkeit (K_{Ic} 15–20 MPa·m$^{1/2}$, Fehler ± 0,5) verbessert und die Verschleißfestigkeit auf einem moderaten Niveau gehalten wird (Verschleißrate 0,04–0,06 mm³/N·m, Fehler ± 0,01 mm³/N·m). Diese Struktur wird in einem schrittweisen Mischprozess hergestellt (die Partikelgröße des feinen Pulvers beträgt weniger als 0,5 Mikrometer, mit einer Abweichung von ±0,01 Mikrometer; die Partikelgröße des groben Pulvers beträgt mehr als 5 Mikrometer, mit einer Abweichung von ±0,01 Mikrometer) und mittels Sintertechnologie (Temperatur 1450 °C bis 1500 °C, mit einer Abweichung von ±10 °C) gleichmäßig verteilt. Sie eignet sich für Verbundwerkzeuge (Lebensdauer über 4000 Stunden, mit einer Abweichung von ±500 Stunden) und verschleißfeste Teile (Lebensdauer über 10^5-mal, mit einer Abweichung von ±10^4-mal).

Zur genauen Bewertung der Leistung sind standardisierte Testmethoden erforderlich, darunter der Vickers-Härtetest (ASTM E92, Testlast 10 kg, Fehler ±0,1 kg), der Bruchzähigkeitstest (ISO 28079, Messgenauigkeit ±0,5 MPa·m$^{1/2}$) und der Verschleißleistungstest (ASTM G65, Messgenauigkeit ±0,01 mm³ /N·m). Am Beispiel der WC10Co-Legierung enthält ihre bimodale Struktur feine Körner von 0,5 Mikrometern (Fehler ±0,01 Mikrometer) und grobe Körner von 5 Mikrometern (Fehler ±0,01 Mikrometer) im Verhältnis 1:1, eine Härte von HV 2100 (Fehler ±30) und eine Zähigkeit von 18 MPa·m$^{1/2}$ (Fehler ±0,5), was die Leistungsvorteile der bimodalen Struktur voll widerspiegelt.

Mechanismus und Analyse der bimodalen Kornstruktur von Hartmetall.

Der feinkörnige Teil (0,5 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) erreicht eine Korngrenzenverstärkung durch eine hohe Korngrenzendichte (mehr als 10^{13} m^{-2}, Fehler ± 10^{12} m^{-2}) und die Härte erreicht HV 2100 (Fehler ± 30), während der grobkörnige Teil (5 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer) die Zähigkeit (K_{Ic} 18 MPa·m$^{1/2}$, Fehler ± 0,5) durch den Brückeneffekt der Co-Phase (Volumenanteil 10 %, Fehler ± 1 %) verbessert. Die bimodale Struktur reduziert die Risswachstumsrate durch den synergistischen Effekt von Fein- und Grobkörnern deutlich (weniger als 10^{-3}mm/s, Fehler ± 10^{-4}mm/s) , und die Verschleißrate stabilisiert sich bei 0,05 mm³/N·m (Fehler ± 0,01 mm³/N·m). Die SEM-Analyse zeigt, dass Fein- und Grobkörner gleichmäßig verteilt sind (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %) und das Co-Netzwerk kontinuierlich ist (Bedeckung über 95 %, Fehler ± 2 %), was eine mikroskopische Grundlage für die Leistungsoptimierung bietet. EDS-Tests bestätigen zusätzlich die Gleichmäßigkeit der Co-Verteilung (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ± 0,02 %).

Leistungsvergleichstests zeigen, dass die bimodale Struktur im Vergleich zur Einzelkornstruktur

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

(Korngröße 1 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer , Zähigkeit 12 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) erhebliche Vorteile bei der Verbesserung der Zähigkeit bietet, und zwar aufgrund des Zähigkeitsbeitrags des grobkörnigen Teils und der Härteunterstützung des feinkörnigen Teils.

Analyse der Faktoren, die die bimodale Kornstruktur von Hartmetall beeinflussen.

Die Leistung der bimodalen Kornstruktur wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, und die beste Leistungsbalance muss durch Optimierung der Prozessparameter erreicht werden:

Fein-/Grobkornverhältnis

Wenn das Verhältnis von Feinkorn zu Grobkorn 1:1 beträgt, ist die Leistung ausgeglichen; wenn das Verhältnis von Feinkorn 2:1 übersteigt, verringert sich die Zähigkeit um etwa 10 % (Fehler ±2 %), was auf das unzureichende Verhältnis von Grobkorn zurückzuführen sein kann.

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 10 % (Fehler ±1 %) ist die Zähigkeit ausgezeichnet; übersteigt er jedoch 15 % (Fehler ±1 %), sinkt die Härte um etwa 15 % (Fehler ±3 %), was auf die erweichende Wirkung der Co-Phase zurückzuführen sein kann.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) ist die Kornverteilung stabil; übersteigt sie jedoch 1500 °C (Fehler ±10 °C), nimmt die Grobkorngröße um etwa 10 % (Fehler ±2 %) zu, was sich auf die Härte auswirkt.

Gleichmäßigkeit der Pulvermischung

Wenn die Mischungsgleichmäßigkeit 95 % (Fehler ± 2 %) übersteigt, ist die Leistung optimal; wenn sie unter 90 % (Fehler ± 2 %) liegt, verringert sich die Zähigkeit um etwa 10 % (Fehler ± 2 %), was auf die ungleichmäßige Kornverteilung zurückzuführen ist.

Externe Lasten

die Anzahl der Schläge übersteigt das 10^5-fache (Fehler ±10^4-fache), die Zähigkeit ist hervorragend; wenn die Schnittgeschwindigkeit 1000 m/min (Fehler ±10 m/min) übersteigt, wird die Härte zum entscheidenden Faktor.

Am Beispiel des bimodalen WC15Co beträgt die Feinkörnigkeit 0,5 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), die Grobkörnigkeit 10 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), das Verhältnis beträgt 2:1 und die Härte sinkt auf HV 1900 (Fehler ± 30), was darauf hindeutet, dass ein zu hohes Feinkornverhältnis die Leistungsbalance schwächt.

Optimierungsstrategie der bimodalen Kornstruktur von Hartmetall

Um eine Härte von über HV 2000 (Toleranz ±30) und eine Zähigkeit von über 15 MPa·m¹ /² (Toleranz ±0,5) zu erreichen, werden folgende Optimierungsstrategien empfohlen:

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

Kornverhältniskontrolle

Die Feinkorngröße wird zwischen 0,5 und 1 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und die Grobkorngröße zwischen 5 und 10 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) kontrolliert. Das Verhältnis wird auf 1:1 eingestellt, um Härte und Zähigkeit auszugleichen.

Anpassung des Co-Gehalts

Der Co-Gehalt wird zwischen 8 % und 12 % (±1 %) gehalten, um die beste Synergie zwischen Härte und Zähigkeit zu erreichen.

Sinterprozessoptimierung

Der Sinterprozess wurde mit einer Temperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) und einem angewandten Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) durchgeführt, um eine Dichte von über 99,5 % (Fehler ±0,1 %) sicherzustellen.

Mischprozessoptimierung

Der Kugelmahlprozess (Zeit mehr als 24 Stunden, Fehler ± 1 Stunde) stellt sicher, dass die Gleichmäßigkeit der Pulvermischung 95 % (Fehler ± 2 %) übersteigt.

Testspezifikationen

Um den Optimierungseffekt zu verifizieren, wurde die Härte nach ASTM E92 und die Bruchzähigkeit nach ISO 28079 geprüft.

Beispielsweise erreicht die Härte der WC10Co-Legierung (Feinkorn 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm ; Grobkorn 5 μm , Fehler ±0,01 μm) HV 2100 (Fehler ±30) und die Zähigkeit beträgt 18 MPa·m$^{1/2}$ (Fehler ±0,5), was die Wirksamkeit der Optimierungsstrategie voll und ganz bestätigt.

Technische Anwendungen der dualmodalen Kornstruktur von Hartmetall Die

dualmodale Kornstruktur eignet sich hervorragend für die folgenden Verbundszenarien:

Doppelschneidiges Kornverbundschneidwerkzeug aus Hartmetall

Die WC10Co-Legierung (Härte HV 2100, Toleranz ±30) hat eine Schnittlebensdauer von mehr als 4000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und eignet sich besonders für Schneidprozesse, die eine hohe Präzision und hohe Zähigkeit erfordern.

Verschleißfeste Matrize aus Hartmetall mit zwei Spitzen

Die WC12Co-Legierung (Zähigkeit 18 MPa·m$^{1/2}$, Fehler ±0,5) hat eine Lebensdauer von mehr als dem 10^5-fachen (Fehler ±10^4-fach) und erfüllt damit die Anforderungen an die Verschleißfestigkeit komplexer Formen.

Hartmetall-Doppelkorn-Ölbohrwerkzeuge

Die WC10Co-Legierung (Verschleißrate 0,05 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) weist eine Schlagfestigkeit von mehr als dem 10^5-Fachen (Fehler ±10^4-Fachen) auf und ist daher für die rauen

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

Umgebungsbedingungen bei der Ölförderung geeignet.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass die bimodale Kornstruktur die Wettbewerbsfähigkeit von Hartmetall in Verbundwerkstoffanwendungen durch die Ausbalancierung von Härte und Zähigkeit deutlich verbessert.

10.3.4.2 Kornverlauf von Hartmetall

Überblick über die Grundprinzipien und die Technologie von Gradientenkörnern aus Hartmetall

Die Gradientenkornstruktur von Hartmetall wird durch die Gestaltung feiner Oberflächenkörner (0,5 bis 1 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer) und grober Innenkörner (5 bis 10 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer) optimiert. Dadurch werden eine hohe Oberflächenhärte (HV 2000–2400, Fehler ±30) und eine hohe innere Zähigkeit ($K_{1}c$ 15–20 MPa·m¹ /², Fehler ±0,5) erreicht, während die Verschleißfestigkeit auf einem moderaten Niveau gehalten wird (Verschleißrate 0,04–0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m). Diese Struktur wird üblicherweise durch ein Schichtsinterverfahren (Temperatur 1450°C bis 1600°C, Toleranz ±10°C) oder ein Aufkohlungsverfahren (Kohlenstoffgradient ±0,1%, Toleranz ±0,01%) hergestellt und eignet sich für Hochleistungswerkzeuge (Standzeit mehr als 4000 Stunden, Toleranz ±500 Stunden) und Formen (Standzeit mehr als 10 ⁵-fache, Toleranz ±10 ⁴-fache).

Zur Bewertung der Leistung werden standardisierte Testmethoden verwendet, darunter der Vickers-Härtetest (ASTM E92, Testlast 10 kg, Fehler ± 0,1 kg), der Bruchzähigkeitstest (ISO 28079, Messgenauigkeit ± 0,5 MPa·m¹ / ²) und der Verschleißleistungstest (ASTM G65, Messgenauigkeit ± 0,01 mm³/N·m). Am Beispiel der WC10Co-Legierung beträgt ihre Oberflächenkorngröße 0,5 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), ihre innere Korngröße 5 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer), ihre Oberflächenhärte erreicht HV 2200 (Fehler ± 30), ihre innere Zähigkeit beträgt 18 MPa·m¹ /² (Fehler ± 0,5), was die Leistungsvorteile der Gradientenstruktur widerspiegelt.

Mechanismus und Analyse von Gradientenkörnern aus Hartmetall

Die feinen Oberflächenkörner (0,5 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer) erreichen eine Korngrenzenverstärkung durch eine hohe Korngrenzendichte (mehr als 10^{13} m^{-2}, Fehler $\pm 10^{12}$ m^{-2}) und die Härte erreicht HV 2200 (Fehler ±30), während die inneren groben Körner (5 Mikrometer, Fehler ±0,01 Mikrometer) die Zähigkeit (K_{1} c 18 MPa·m¹ /², Fehler ±0,5) durch den Brückeneffekt der Co-Phase (Gehalt 10 %, Fehler ±1 %) verbessern. Die Gradientenstruktur verringert die Spannungskonzentration (weniger als 100 MPa, Fehler ±10 MPa) durch den synergistischen Effekt von Oberflächenhärte und innerer Zähigkeit und die Verschleißrate wird bei 0,05 mm³/N·m stabilisiert (Fehler ±0,01 mm³/N·m). Die SEM-Analyse zeigte, dass die Oberflächenkörner gleichmäßig verteilt waren (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ±0,02 %), das interne Co-Netzwerk kontinuierlich war (Bedeckung über 95 %, Fehler ±2 %) und EDS-Tests die gleichmäßige Verteilung der Co- und Kohlenstoffgradienten bestätigten (Abweichung weniger als 0,1 %, Fehler ±0,02 %).

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

Leistungsvergleichstests zeigen, dass die Gradientenstruktur sowohl hinsichtlich der Härte als auch der Zähigkeit im Vergleich zur gleichmäßigen Kornstruktur erhebliche Vorteile bietet (Korngröße 1 Mikrometer, Fehler ± 0,01 Mikrometer , Zähigkeit 12 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5).

Analyse der Faktoren, die sich auf Gradientenkörner aus Hartmetall auswirken

Die Leistung von Gradientenkornstrukturen wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, und die beste Leistungsbalance muss durch Optimierung der Prozessparameter erreicht werden:

Körnungsverlauf

Die Leistung ist am besten, wenn die Oberflächenkörner 0,5 bis 1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und die inneren Körner 5 bis 10 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) groß sind. Wenn der Gradient zu gering ist, sinkt die Zähigkeit um etwa 10 % (Fehler ±2 %).

Co-Inhalt

Bei einem Co-Gehalt von 10 % (Fehler ±1 %) ist die Zähigkeit ausgezeichnet; übersteigt er jedoch 15 % (Fehler ±1 %), nimmt die Härte um etwa 15 % (Fehler ±3 %) ab, was auf die Erweichung der Co-Phase zurückzuführen sein kann.

Sintertemperatur

Bei einer Sintertemperatur von 1500 °C (Fehler ±10 °C) ist der Korngradient stabil. Übersteigt er jedoch 1600 °C (Fehler ±10 °C), nimmt die Korngröße um etwa 10 % (Fehler ±2 %) zu, was sich auf die Oberflächenhärte auswirkt.

Kohlenstoffgradient

Wenn der Kohlenstoffgradient auf ±0,1 % (Fehler ±0,01 %) kontrolliert wird, ist die Leistung ausgeglichen; wenn er ±0,2 % (Fehler ±0,01 %) übersteigt, erhöht sich die η-Phase um etwa 5 % (Fehler ±1 %), was die Zähigkeit beeinträchtigt.

Externe Lasten

Bei Schnittgeschwindigkeiten über 1000 m/min (Toleranz ±10 m/min) wird die Oberflächenhärte entscheidend, während die innere Zähigkeit wichtiger wird, wenn die Anzahl der Schläge das 10^5-fache ($\pm10^4$-fache) überschreitet.

Am Beispiel von WC15Co beträgt die Oberflächenkörnung 1 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer), die innere Körnung 2 Mikrometer (Fehler ±0,01 Mikrometer) und die Zähigkeit sinkt auf 12 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5), was darauf hindeutet, dass eine unzureichende Steigung die Leistung beeinträchtigt.

Um eine Oberflächenhärte von über HV 2000 (Fehler ±30) und eine innere Zähigkeit von über 15 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5) zu erreichen, werden folgende Optimierungsstrategien **empfohlen**
:

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

Getreidekontrolle

Die Oberflächenkorngröße wird zwischen 0,5 Mikrometer und 1 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) und die innere Korngröße zwischen 5 Mikrometer und 10 Mikrometer (Fehler ± 0,01 Mikrometer) kontrolliert, um Härte und Zähigkeit zu optimieren.

Anpassung des Co-Gehalts

Der Co-Gehalt wird zwischen 8 % und 12 % (±1 %) gehalten, um ein Gleichgewicht zwischen Oberflächenhärte und innerer Zähigkeit herzustellen.

Sinterprozessoptimierung

Es wurde ein schichtweiser Sinterprozess mit einer Temperatur von 1500 °C (Fehler ±10 °C) und einem angewandten Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) verwendet, um eine Dichte von über 99,5 % (Fehler ±0,1 %) sicherzustellen.

Kontrolle des Kohlenstoffgehalts

Der Kohlenstoffgradient wurde bei ±0,1 % (Fehler ±0,01 %) gehalten, um die Bildung der η-Phase zu vermeiden.

Testspezifikationen

Um den Optimierungseffekt zu verifizieren, wurde die Härte nach ASTM E92 und die Bruchzähigkeit nach ISO 28079 geprüft.

Beispielsweise erreichte die Oberflächenhärte der WC10Co-Legierung (Oberflächenkorngröße 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm ; innere Korngröße 5 μm , Fehler ±0,01 μm) HV 2200 (Fehler ±30) und die innere Zähigkeit betrug 18 MPa·m^{1} /^{2} (Fehler ±0,5), was den Erfolg der Optimierungsstrategie voll und ganz bestätigte.

Anwendungen der Gradientenkorn-Technik bei Hartmetall

Die Gradientenkornstruktur eignet sich gut für die folgenden Hochleistungsszenarien:

Hochgeschwindigkeitswerkzeug

Die WC10Co-Legierung (Oberflächenhärte HV 2200, Toleranz ±30) hat eine Schnittlebensdauer von mehr als 4000 Stunden (Toleranz ±500 Stunden) und eignet sich für Hochgeschwindigkeitsschneidaufgaben.

Stanzform

Die WC12Co-Legierung (innere Zähigkeit 18 MPa·m^{1} / ^{2}, Fehler ±0,5) hat eine Lebensdauer von mehr als dem 10^{5}-Fachen (Fehler ±10^{4}-Fachen) und erfüllt damit die Anforderungen für das Stanzen mit hoher Schlagzähigkeit.

Verschleißfestes Beschichtungssubstrat

Die WC10Co-Legierung (Verschleißrate 0,05 mm^{3}/N·m, Fehler ±0,01 mm^{3}/N·m) weist eine

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

Haftung von über 50 MPa (Fehler ±5 MPa) auf und eignet sich daher zur Unterstützung von verschleißfesten Beschichtungen.

Diese Anwendungen zeigen deutlich, dass die Gradientenkornstruktur den Anwendungswert von Hartmetall bei komplexen Leistungsanforderungen durch Optimierung der Oberflächenhärte und der inneren Zähigkeit deutlich verbessert.

10.4 Klassifizierung nach Anwendungsfunktion

Hartmetalle werden nach ihren Anwendungsfunktionen klassifiziert und erfüllen spezifische Anforderungen durch die Optimierung ihrer Eigenschaften (wie z. B. Härte HV 800–2500, Fehler ±30, Zähigkeit K_{1} c 8–25 MPa·m^{1} / ^{2}, Fehler ±0,5, Verschleißfestigkeit 0,02–0,1 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m). Die Klassifizierung basiert auf der chemischen Zusammensetzung (WC, TiC , Co, Ni usw.), der Korngröße (0,2–10 μm , Fehler ±0,01 μm) und dem Herstellungsverfahren (Sintertemperatur 1450–2000 °C, Fehler ±10 °C, Druck 50–100 MPa, Fehler ±1 MPa) und wird durch mikroskopische Analyse (SEM-Auflösung <0,1 μm , Fehler ±0,01 μm , XRD-Genauigkeit ±0,01 μm) und Leistungstests (ASTM E92, G65) überprüft. Zu seinen Anwendungen gehören Schneiden (Lebensdauer > 10 Stunden, Fehler ± 1 Stunde), Verschleißfestigkeit (> 10^{5}-fach, Fehler ± 10^{4}-fach), Korrosionsbeständigkeit (Gewichtsverlust < 0,1 mg/cm² , Fehler ± 0,01 mg/cm²) , hohe Temperaturen (> 1000 °C, Fehler ± 10 °C) und multifunktionale Szenarien (Leitfähigkeit < 12 μΩ·cm , Fehler ± 0,1 μΩ·cm).

In diesem Abschnitt werden fünf Aspekte betrachtet: Hartmetall zum Schneiden, Hartmetall für Verschleißfestigkeit, Hartmetall für Korrosionsbeständigkeit, Hartmetall für hohe Temperaturen und multifunktionales Hartmetall . Anschließend wird der Anpassungsmechanismus zwischen Funktion und Anwendung systematisch analysiert.

10.4.1 Hartmetall zum Schneiden

Schneidhartmetall zeichnet sich durch hohe Härte (HV 1600–2000, Fehler ±30), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) und gute thermische Stabilität (>800 °C, Fehler ±10 °C) aus. Es eignet sich für Hochgeschwindigkeitsschneiden (>1000 m/min, Fehler ±10 m/min), Fräsen und Drehen. Es wird häufig in der Luftfahrt (Standzeit >10 Stunden, Fehler ±1 Stunde), der Automobilindustrie und im Maschinenbau eingesetzt. Seine Leistung wird durch Optimierung der Korngröße (0,5–2 μm , Fehler ±0,01 μm) und des Bindephasengehalts (Co 6–10 %, Fehler ±1 %) erreicht.

In diesem Abschnitt werden die technischen Eigenschaften unter drei Gesichtspunkten analysiert: ISO-Klassifizierung, Leistungsanforderungen und typische Güteklassen.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.4.1.1 ISO-Klassifizierung von Hartmetallen zum Zerspanen (P-, M-, K-Sorten)

ISO-Klassifizierung von Hartmetall zum Schneiden. Grundlagen und technischer Überblick.
Hartmetall zum Schneiden wird gemäß der Norm ISO 513 in die Sorten P (Stahlverarbeitung), M (Edelstahl/legierter Stahl) und K (Gusseisen/Nichteisenmetalle) unterteilt. Die chemische Zusammensetzung wird entsprechend dem Werkstückmaterial und den Schnittbedingungen (Geschwindigkeit 500 – 1500 m/min, Fehler ± 10 m/min) optimiert. Die Sorte P enthält TiC / TaC (5 – 20 %, Fehler ± 0,1 %) und verfügt über eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit. Die Sorte M hat einen hohen Co-Gehalt (8 – 12 %, Fehler ± 1 %) und eine hervorragende Zähigkeit. Die Sorte K hat einen hohen WC-Gehalt (> 90 %, Fehler ± 1 %) und eine hohe Härte (HV 1800 – 2000, Fehler ± 30). Die Korngröße wird auf 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert, um eine Verarbeitungsgenauigkeit (<0,1 mm, Fehler ±0,01 mm) sicherzustellen.

Zu den Prüfmethoden gehören Schneidprüfungen (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Härteprüfungen (ASTM E92, Belastung 10 kg, Toleranz ±0,1 kg) und Verschleißprüfungen (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 $mm^3/N·m$). Beispielsweise beträgt die Härte von P10 (WC8Co10TiC) HV 1900 (Toleranz ±30) und die Schnittgeschwindigkeit beträgt bis zu 1200 m/min (Toleranz ±10 m/min).
ISO-Klassifizierungsmechanismus und Analyse von Hartmetall zum Schneiden

Die Sorte P verbessert die Härte (HV 1900, Fehler ±30) durch die Verstärkung der TiC-Feststofflösung (Gitterkonstante 4,3 Å, Fehler ±0,01 Å) und weist eine hohe Verschleißfestigkeit auf (Verschleißrate <0,05 $mm^3/N·m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$). Die Sorte M absorbiert Schnittstöße (>50 J/m^2 , Fehler ±5 J/m^2) durch das Co-Netzwerk (Volumenanteil 10, Fehler ±1 %) und weist eine Zähigkeit von K_1 c 10-12 $MPa·m^{1/2}$ (Fehler ±0,5) auf. Die Sorte K beruht auf der hohen Bindungsenergie von WC (ca. 700 kJ/mol, Fehler ±10 kJ/mol), um die thermische Stabilität (>800°C, Fehler ±10°C) sicherzustellen. Die SEM-Analyse zeigt, dass P10 gleichmäßige Körner aufweist (0,5 μm , Fehler ±0,01 μm , Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %), und die EDS bestätigt, dass TiC gleichmäßig verteilt ist (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %). Schneidtests zeigen, dass P10 eine Lebensdauer von >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde) hat, was besser ist als K20 (Lebensdauer 10 Stunden, Fehler ±1 Stunde).

Die Analyse der Faktoren, die die Schneidleistung von Hartmetall beeinflussen,
wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

Sortenauswahl
Die Sorte P eignet sich für Hochgeschwindigkeitsschnitte (> 1000 m/min, Fehler ± 10 m/min); die Sorte M eignet sich für Zähigkeitsanforderungen; die Sorte K eignet sich für die Gusseisenverarbeitung.

Körnung
0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) weist eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit auf; >2 μm (Fehler

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

±0,01 μm) erhöht sich die Verschleißrate um etwa 10 % (Fehler ±2 %).

Co-Inhalt

6–10 % (Fehler ± 1 %): mäßige Zähigkeit; > 12 % (Fehler ± 1 %): Härte nimmt um etwa 15 % ab (Fehler ± 3 %).

Beschichtung

Die Lebensdauer der TiAlN- Beschichtung (Dicke 2 μm , Fehler ±0,1 μm) erhöht sich um 30 % (Fehler ±5 %).

Werkstückhärte

HV > 1000 (Fehler ± 50), Marke P ist überlegen; HV < 500 (Fehler ± 50), Marke K ist anwendbar. Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate der Sorte M (WC12Co) bei der Verarbeitung von Schnellarbeitsstahl auf 0,08 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m).

Die Optimierungsstrategie für das Schneiden von Hartmetall

besteht darin, eine Schnittgeschwindigkeit von >1000 m/min (Fehler ±10 m/min) und eine Standzeit von >10 Stunden (Fehler ±1 Stunde) zu erreichen. Empfehlungen:

Markenabgleich

P10 (Stahl), M20 (Edelstahl), K20 (Gusseisen).

Kornkontrolle: 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm), unter Verwendung eines VC-Inhibitors (0,2 %, Fehler ±0,01 %).

Co-Optimierung

6 % – 10 % (Fehler ± 1 %), Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit.

Beschichtungsprozess

CVD TiAlN (Dicke 2–3 μm , Fehler ±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 20 % erhöht (Fehler ±3 %).

Testspezifikationen

ISO 3685

(Schneiden), ASTM G99 (Verschleiß).

Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von P10 (Korn 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm , TiAlN-Beschichtung) >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Technische Anwendung von Hartmetall zum Schneiden

ISO-Klassen zeichnen sich in den folgenden Szenarien aus:

P-Marke

P10 (Stahlverarbeitung, Geschwindigkeit 1200 m/min, Fehler ±10 m/min) Lebensdauer >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

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

M Marke
M20 (Edelstahlverarbeitung, K_{1c} 12 $MPa \cdot m^{1/2}$, Fehler ±0,5) Absplitterungsschutz, Lebensdauer >10 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

K-Marke
K20 (Gusseisenbearbeitung, Härte HV 1900, Fehler ±30) Genauigkeit <0,1 mm (Fehler ±0,01 mm). Diese Anwendungen zeigen, dass die ISO-Klassifizierungen genau den Schneidanforderungen entsprechen.

10.4.1.2 Leistungsanforderungen für das Schneiden von Hartmetall (Schnittgeschwindigkeit > 1000 m/min, Lebensdauer > 10 Stunden)

Schnittgeschwindigkeit von Hartmetall zum Schneiden. Grundlagen und technischer Überblick.
Hartmetall zum Schneiden muss hohe Schnittgeschwindigkeiten (> 1000 m/min, Fehler ± 10 m/min), eine lange Lebensdauer (> 10 Stunden, Fehler ± 1 Stunde) und hohe Präzision (< 0,1 mm, Fehler ± 0,01 mm) erfüllen. Zu den wichtigsten Anforderungen zählen Härte HV 1600–2000 (Fehler ± 30), Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,06 $mm^3/N \cdot m$, Fehler ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$) und thermische Stabilität (> 800 °C, Fehler ± 10 °C). Die Korngröße wird auf 0,5–1 µm (Fehler ±0,01 µm) kontrolliert, der Co-Gehalt beträgt 6–10 % (Fehler ±1 %) und es wird oft mit einer TiAlN-Beschichtung ergänzt (Dicke 2–3 µm , Fehler ±0,1 µm).

Zu den Prüfmethoden gehören Schneidprüfung (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Verschleißprüfung (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 $mm^3 / N \cdot m$) und Thermoschockprüfung (ISO 1832, Genauigkeit ±10 °C). Beispielsweise hat P10 (WC8Co10TiC, Korn 0,5 µm , Fehler ±0,01 µm) eine Schnittgeschwindigkeit von 1200 m/min (Fehler ±10 m/min) und eine Standzeit von 12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Schneidmechanismus und -analyse für Hartmetall-Schnittgeschwindigkeit
Die Härte HV 1900 (Toleranz ±30) beruht auf der Feinkornverfestigung (Korngrenzendichte > 10^{13} m^{-2}, Fehler ±10^{12} m^{-2}), die Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,06 $mm^3/N \cdot m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N \cdot m$) beruht auf TiC (Härte > HV 2000, Fehler ±50) und der TiAlN- Beschichtung (Reibungskoeffizient < 0,3, Fehler ±0,05). Co (8 %, Fehler ±1 %) sorgt für Zähigkeit (K_{1c} 10 $MPa \cdot m^{1/2}$, Fehler ±0,5) und verhindert Absplitterungen (< 0,01 mm, Fehler ±0,001 mm). Die thermische Stabilität wird durch WC (Zersetzungstemperatur > 2000 °C, Fehler ± 50 °C) und TiAlN (Oxidationstemperatur > 1000 °C, Fehler ± 10 °C) gewährleistet. Die SEM-Analyse zeigte, dass P10 nach dem Schneiden gleichmäßig abgenutzt war (Tiefe < 0,01 mm, Fehler ± 0,001 mm), und die EDS bestätigte die gleichmäßige Verteilung von TiC (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Schneidtests zeigten, dass P10 bei 1200 m/min (Fehler ± 10 m/min) eine Lebensdauer von > 12 Stunden (Fehler ± 1 Stunde) hatte.

Die Analyse der Faktoren, die die Schnittgeschwindigkeit der Hartmetall-Schneidleistung

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

beeinflussen,
wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

Schnittgeschwindigkeit
Bei Härten >1000 m/min (Fehler ±10 m/min) ist eine Beschichtungsunterstützung erforderlich; bei Härten <500 m/min (Fehler ±10 m/min) ist eine Härte von bevorzugt.

Körnung
0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) weist eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit auf; >2 μm (Fehler ±0,01 μm) erhöht die Verschleißrate um 15 % (Fehler ±3 %).

Co-Inhalt
6–10 % (Fehler ± 1 %) Schutz vor Kantenabsplitterungen; > 12 % (Fehler ± 1 %) Härteverlust um 10 % (Fehler ± 2 %).

Schichtdicke
2–3 μm (Fehler ±0,1 μm) Lebensdauer erhöht sich um 30 % (Fehler ±5 %); >5 μm (Fehler ±0,1 μm) Ablöserate erhöht sich um 10 % (Fehler ±2 %).

Werkstückstoff
Für Stahl (HV > 1000, Fehler ± 50) wird P10 bevorzugt, für Gusseisen ist K20 besser geeignet. Beispielsweise reduziert sich die Standzeit von K20 (Korn 2 μm , Fehler ±0,01 μm) bei der Schnellarbeitsstahlverarbeitung auf 8 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Die Optimierungsstrategie für die Schnittgeschwindigkeit von Hartmetall
besteht darin, eine Geschwindigkeit von >1000 m/min (Fehler ±10 m/min) und eine Lebensdauer von >10 Stunden (Fehler ±1 Stunde) zu erreichen. Es wird empfohlen:

Getreidekontrolle
0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm), unter Verwendung von VC (0,2 %, Fehler ±0,01 %).

Co-Optimierung
6 % – 10 % (Fehler ± 1 %), ausgewogene Zähigkeit.

Beschichtung
TiAlN (2–3 μm , Fehler ±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 20 % erhöht (Fehler ±3 %).

Kantenbearbeitung
Der Passivierungsradius beträgt <0,01 mm (Fehler ±0,001 mm) und die Kantenabsplitterungsrate wird um 15 % reduziert (Fehler ±3 %).

Testspezifikationen

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

ISO 3685 (Schneiden), ASTM G99 (Verschleiß).
Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von P10 (Korn 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm , TiAlN-Beschichtung) >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Schneidgeschwindigkeit beim Hartmetallschneiden. Technische Anwendung:
Das Hartmetallschneiden eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Verarbeitung von Luftfahrtteilen
P10 (Geschwindigkeit 1200 m/min, Fehler ±10 m/min) Genauigkeit <0,1 mm (Fehler ±0,01 mm), Lebensdauer >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Automobil-Kurbelwellenbearbeitung
M20 ($K_{1}c$ 12 MPa·m$^{1/2}$, Fehler ±0,5) Lebensdauer >10 Stunden (Fehler ±1 Stunde).
Gusseisenbearbeitung: K20 (Härte HV 1900, Toleranz ±30) Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m (Fehler ±0,01 mm³ / N · m).
Diese Anwendungen zeigen, dass hohe Leistung den Anforderungen beim Hochgeschwindigkeitsschneiden gerecht wird.

10.4.1.3 Typische Güten: P10, K20 (Härte HV 1600-2000)

Grundlagen und technischer Überblick
P10 (WC8Co10TiC) und K20 (WC6Co) sind typische Schneidstoffe mit einer Härte von HV 1600–2000 (Fehler ±30), ausgezeichneter Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) und thermischer Stabilität (>800 °C, Fehler ±10 °C). P10 eignet sich für die Stahlbearbeitung (Geschwindigkeit >1000 m/min, Fehler ±10 m/min), und K20 eignet sich für die Bearbeitung von Gusseisen/Nichteisenmetallen (Geschwindigkeit 800–1200 m/min, Fehler ±10 m/min). Korngröße 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm), Co-Gehalt 6–8 % (Fehler ±1 %).

Zu den Prüfmethoden gehören Schneidtests (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Härtetests (ASTM E92, Last 10 kg, Fehler ±0,1 kg) und Verschleißtests (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 mm³ / N · m). Zum Beispiel P10 Härte HV 1900 (Fehler ±30), Lebensdauer >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde); K20 Härte HV 1800 (Fehler ±30), Lebensdauer >10 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Mechanismus und Analyse:
TiC (10 %, Fehler ±0,1 %) in P10 erhöht die Härte (HV 1900, Fehler ±30), Verschleißrate <0,05 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m); Co (8 %, Fehler ±1 %) bietet Zähigkeit ($K_{1}c$ 10 MPa·m$^{1/2}$, Fehler ±0,5). WC (>90 %, Fehler ±1 %) in K20 gewährleistet thermische Stabilität (Oxidationsgewichtszunahme <0,5 mg/cm² , Fehler ±0,05 mg/cm²) , Co (6 %, Fehler ±1 %) ist mittelmäßig, Härte HV 1800 (Fehler ±30). Die SEM-Analyse zeigt, dass die P10-Korngröße 0,5 μm (Fehler ± 0,01 μm) beträgt, die TiC- Verteilung gleichmäßig ist (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %), die K20-Korngröße 1 μm (Fehler ± 0,01 μm) und das Co-Netzwerk kontinuierlich ist (> 95 %, Fehler ± 2 %). Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer von P10 bei der Stahlverarbeitung >

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

12 Stunden beträgt (Fehler ± 1 Stunde); die Verschleißrate von K20 bei der Gusseisenverarbeitung beträgt 0,05 mm³/N·m (Fehler ± 0,01 mm³/N·m).

Analyse der Einflussfaktoren:
Die Leistung wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

Sortenauswahl
P10 ist für Stahl und K20 für Gusseisen geeignet.

Körnung
0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) weist eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit auf; >2 μm (Fehler ±0,01 μm) hat eine um 10 % (Fehler ±2 %) reduzierte Lebensdauer.

Co-Inhalt
6–8 % (Fehler ± 1 %): ausgeglichene Leistung; > 10 % (Fehler ± 1 %): Härte nimmt um 10 % ab (Fehler ± 2 %).
Beschichtung: TiAlN (2 μm , Fehler ±0,1 μm) Lebensdauer um 20 % erhöht (Fehler ±3 %).

Schnittbedingungen
Geschwindigkeit > 1000 m/min (Fehler ±10 m/min), P10 ist ausgezeichnet; < 800 m/min (Fehler ±10 m/min), K20 ist anwendbar.
Beispielsweise sinkt die Lebensdauer von P10 (Korngröße 2 μm , Fehler ±0,01 μm) auf 10 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Härte > HV 1800 (Fehler ±30), eine Lebensdauer > 10 Stunden (Fehler ±1 Stunde) zu erreichen. Empfohlen werden:

Notenoptimierung
P10 (Stahl), K20 (Gusseisen).

Getreidekontrolle
0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm), unter Verwendung von VC (0,2 %, Fehler ±0,01 %).

Co-Optimierung
6 % – 8 % (Fehler ± 1 %), ausgewogene Leistung.

Beschichtungsprozess
TiAlN (2 μm , Fehler ±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 20 % erhöht (Fehler ±3 %).

Testspezifikationen
ISO 3685 (Schneiden), ASTM E92 (Härte).

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

Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von P10 (Korn 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm , TiAlN-Beschichtung) >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Typische Sorten **für technische Anwendungen eignen sich gut für die folgenden Szenarien:**

P10: Stahlverarbeitung (Geschwindigkeit 1200 m/min, Fehler ±10 m/min), Lebensdauer >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).
K20: Gusseisenbearbeitung (Härte HV 1800, Fehler ±30), Genauigkeit <0,1 mm (Fehler ±0,01 mm).
Luftfahrtwerkzeuge: P10 (Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m, Fehler ±0,01 mm^3 / N · m), Lebensdauer >12 Stunden (Fehler ±1 Stunde).
Diese Anwendungen zeigen, dass P10 und K20 vielfältige Schneidanforderungen erfüllen.

10.4.2 Verschleißfestes Hartmetall

Verschleißfeste Hartmetalle werden häufig in Szenarien eingesetzt, in denen langfristige Verschleißfestigkeit erforderlich ist. Grund hierfür sind ihre hervorragende hohe Härte (HV 1800–2200, ±30) und die extrem niedrige Verschleißrate (<0,06 mm^3/N·m, ±0,01 mm^3/N·m). Diese Materialien werden durch präzise Kontrolle der Korngröße (0,5–2 μm , ±0,01 μm) und des Co-Gehalts der Bindephase (6–8 %, ±1 %) optimiert und mithilfe fortschrittlicher Pulvermetallurgie (Sintertemperatur 1450 °C, ±10 °C) hergestellt, um ihre Zuverlässigkeit bei hohen Belastungen und in komplexen Umgebungen zu gewährleisten. Verschleißfeste Hartmetalle eignen sich besonders für Anwendungen wie Formen (Lebensdauer >10^6-fach, ±10^5-fach), Dichtungen und Düsen (Lebensdauer >10^4 Stunden, ±10^3 Stunden). Ihr Leistungsvorteil liegt in ihrer Fähigkeit, kontinuierlicher Reibung und Stößen standzuhalten und gleichzeitig die strukturelle Integrität zu bewahren. Die Entwicklung und Anwendung dieses Materials hängt nicht nur von seiner chemischen Zusammensetzung und Mikrostruktur ab, sondern erfordert auch die Kombination mit modernen Herstellungsverfahren und Oberflächenbehandlungstechnologien, um die hohen Anforderungen an Haltbarkeit und Effizienz im industriellen Bereich zu erfüllen.

Dieser Abschnitt beginnt mit drei Aspekten: Leistungsanforderungen, typische Qualitäten und Anwendungen und kombiniert eine detaillierte Mechanismusanalyse, eine Diskussion der Einflussfaktoren und Optimierungsstrategien, um die technischen Eigenschaften und das technische Anwendungspotenzial umfassend zu analysieren.

10.4.2.1 Leistungsanforderungen an verschleißfestes Hartmetall: Verschleißrate <0,06 mm^3/N·m (ASTM G65)

Überblick über die Grundprinzipien und Technologien von verschleißfestem Hartmetall
Das Designziel von verschleißfestem Hartmetall besteht darin, eine extrem niedrige Verschleißrate (<0,06 mm^3/N·m, Fehler ±0,01 mm^3/N·m, Prüfnorm ASTM G65) zu erreichen, um eine lange Lebensdauer in Umgebungen mit hoher Reibung zu gewährleisten. Darüber hinaus muss das Material eine hohe Härte (HV 1800–2200, Fehler ±30) und eine mittlere Zähigkeit (K_{Ic} 10–12

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

MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) aufweisen, um die doppelte Anforderung an Verschleißfestigkeit und Rissbeständigkeit für Komponenten wie Formen, Dichtungen und Düsen zu erfüllen. Die typische Lebensdaueranforderung liegt bei >10⁴ Stunden (Fehler ±10³ Stunden), was eine Korngrenzenverstärkung durch Feinsteuerung der Korngröße (0,5–1 μm , Fehler ±0,01 μm) erfordert, während der Co-Gehalt (6–8 %, Fehler ±1 %) die Rissbeständigkeit durch Bereitstellung einer gewissen plastischen Verformbarkeit verbessert. In Umgebungen mit hoher Reibung (z. B. Reibungskoeffizient <0,5, Fehler ±0,05) sind die Oberflächenqualität und die Stabilität der inneren Struktur des Materials besonders wichtig, was auch die Entwicklung der Oberflächenbehandlungstechnologie fördert.

Zu den Testmethoden gehören Verschleißtests (ASTM G65, Last 130 N, Fehler ±1 N), Härtetests (ASTM E92, Last 10 kg, Fehler ±0,1 kg) und Bruchzähigkeitstests (ISO 28079, Genauigkeit ±0,5 MPa·m¹ / ²) . Beispielsweise zeigt YG6 (WC6Co, Korn 1 μm , Fehler ±0,01 μm) eine hervorragende Verschleißrate von 0,05 mm³ /N·m (Fehler ±0,01 mm³ /N·m) und eine Härte von HV 2000 (Fehler ±30) und ist damit ein repräsentatives Beispiel für diesen Materialtyp.

Mechanismus und Analyse von verschleißfestem Hartmetall

Die Erzielung einer Härte von HV 2000 (Fehler ±30) hängt hauptsächlich von der Feinkornverfestigung ab. Die Korngrenzendichte beträgt bis zu >10¹³ m⁻² (Fehler ±10¹² m⁻²) , was die Verformungsbeständigkeit des Materials deutlich verbessert. Die geringe Verschleißrate (<0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) ist auf die hohe Bindungsenergie von WC (ca. 700 kJ/mol, Fehler ±10 kJ/mol) zurückzuführen. Die Stabilität dieser chemischen Bindung verhindert effektiv Materialverlust durch Reibung. Co als Bindephase (6 %, Fehler ± 1 %) absorbiert externe Energie (> 50 J/m² , Fehler ± 5 J/m²) durch plastische Verformung (Dehnung 1 %, Fehler ± 0,1 %) und verbessert dadurch die Zähigkeit auf K₁ c 10 MPa·m¹ /² (Fehler ± 0,5). Die SEM-Analyse zeigt, dass die Kornverteilung von YG6 sehr gleichmäßig ist (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %) und die Verschleißoberfläche glatt ist (Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm), was eng mit der optimierten Mikrostruktur zusammenhängt . EDS-Tests bestätigen zusätzlich die Gleichmäßigkeit der Co-Verteilung (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %) und liefern eine mikroskopische Grundlage für die Gesamtleistung des Materials. Daten aus Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von YG6 0,05 mm³ /N·m beträgt (Fehler ±0,01 mm³/N·m), was besser ist als die von YG8 (0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m), was die positive Wirkung des niedrigen Co-Gehalts auf die Verschleißfestigkeit unterstreicht.

Analyse der Faktoren, die sich auf verschleißfestes Hartmetall auswirken

Die Leistung von verschleißfestem Hartmetall wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und muss durch Prozesse optimiert werden:

Körnung

Feine Körner von 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm) verringern die Verschleißrate erheblich; wenn die Korngröße 2 μm (Fehler ± 0,01 μm) überschreitet, kann die Verschleißrate um 15 % (Fehler ± 3 %) ansteigen, was mit der Verringerung der Korngrenzenfläche und der Spannungskonzentration

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

zusammenhängt.

Co-Inhalt

Ein Co-Gehalt von 6–8 % (Fehler ± 1 %) sorgt für eine mäßige Zähigkeit; übersteigt er 10 % (Fehler ± 1 %), verringert sich die Härte um etwa 10 % (Fehler ± 2 %), was auf die erweichende Wirkung der Co-Phase zurückzuführen sein kann.

Oberflächenbehandlung

Wenn die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) geregelt wird, verringert sich die Verschleißrate um 10 % (Fehler ± 2 %). Wenn die Rauheit 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) überschreitet, erhöht sich die Verschleißrate um 15 % (Fehler ± 3 %), was eng mit den Oberflächenreibungseigenschaften zusammenhängt.

Laden

Unter der ASTM G65-Standardlast von 130 N (Fehler ± 1 N) ist die Leistung stabil; wenn die Last 200 N (Fehler ± 1 N) überschreitet, erhöht sich die Verschleißrate um 10 % (Fehler ± 2 %), was darauf hinweist, dass die Verschleißfestigkeit des Materials unter hohen Lasten begrenzt ist.

Umweltfaktoren

In sandigen Umgebungen (SiO_2 -Gehalt > 50 %, ±5 %) kann die Verschleißrate um 20 % (±3 %) ansteigen, was eine zusätzliche Korrosionsbeständigkeit oder Schutzkonstruktion erfordert.

^{3} /N · m (Fehler ±0,01 mm ^{3} /N · m) unter den gleichen Bedingungen, was auf die negativen Auswirkungen einer übermäßigen Korngröße auf die Leistung hinweist.

Optimierungsstrategie für verschleißfestes Hartmetall

Um eine Verschleißrate von <0,06 mm³ / N · m (Fehler ±0,01 mm³ / N · m) und eine Härte von >HV 2000 (Fehler ±30) zu erreichen, wird folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Getreidekontrolle

Die Korngröße wurde auf 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert und das Kornwachstum durch Zugabe eines VC-Inhibitors (0,2 %, Fehler ±0,01 %) unterdrückt.

Co-Optimierung

Der Co-Gehalt wird bei 6–8 % (Fehler ± 1 %) gehalten, um Härte und Zähigkeit auszugleichen und den Anforderungen verschiedener Anwendungen gerecht zu werden.

Oberflächenbehandlung

Mithilfe einer Präzisionspoliertechnologie wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert, um Reibung und Verschleiß zu verringern.

Sinterprozess

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

Das Sintern wird bei einer Sintertemperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) und einem Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Dichte >99,5 % (Fehler ±0,1 %) erreicht und die Dichte des Materials zu verbessern.

Testspezifikationen

Um den Optimierungseffekt zu verifizieren, wurde das Verschleißverhalten gemäß ASTM G65 und die Härte gemäß ASTM E92 geprüft.

Beispielsweise wies YG6 (Korn 1 μm , Fehler ±0,01 μm , Oberfläche Ra < 0,05 μm , Fehler ±0,01 μm) eine Verschleißrate von 0,05 $mm^3/N·m$ (Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) auf, was die Wirksamkeit der Optimierungsstrategie bestätigt.

Technische Anwendungen für verschleißfestes Hartmetall

Verschleißfestes Hartmetall zeigt in den folgenden Szenarien eine hervorragende Leistung:

Verschleißfeste Hartmetall-Stanzwerkzeuge

^{6}-fach (Fehler ±10 ^{5}-fach) beim Hochfrequenzstanzen und ist für die Herstellung von Autoteilen geeignet.

Verschleißfeste Hartmetall-Gleitringdichtung

YG8 (Verschleißrate 0,06 $mm^3/N·m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) hat eine Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden) in Pumpengeräten und gewährleistet so eine langfristige Stabilität der Dichtungsleistung.

Verschleißfeste Hartmetalldüse

YG6 (K_{1c} 10 $MPa·m^{1/2}$, Fehler ±0,5) weist eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit in Sandstrahlgeräten auf und die Oberflächenrauheit Ra <0,05 μm (Fehler ±0,01 μm) verlängert die Lebensdauer.

Diese Anwendungen demonstrieren den praktischen Wert einer Konstruktion mit geringer Verschleißrate in Umgebungen mit hoher Reibung und hoher Belastung und bieten zuverlässige Materiallösungen für die industrielle Produktion.

10.4.2.2 Typische Güten: YG6, YG8 (Co-Gehalt 6 %–8 %)

Typische Hartmetallsorten YG6, YG8 (Co-Gehalt 6–8 %). Grundlagen und technischer Überblick:

YG6 (WC6Co) und YG8 (WC8Co) sind typische Sorten verschleißfesten Hartmetalls mit einem kontrollierten Co-Gehalt von 6–8 % (Fehler ± 1 %), einem Härtebereich von HV 1800–2000 (Fehler ± 30) und einer Verschleißrate von <0,06 $mm^3/N·m$ (Fehler ± 0,01 $mm^3/N·m$). Die Korngröße wird präzise auf 0,5–1 μm kontrolliert (Fehler ± 0,01 μm), sodass es sich für Formen mit hohen Anforderungen an die Verschleißfestigkeit (Lebensdauer > 10^6- mal, Fehler ± 10^5 -mal) und Dichtungen (Lebensdauer > 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden) eignet . YG6 ist für seine höhere Härte bekannt und eignet sich besonders für Anwendungen, die eine extrem hohe

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

Verschleißfestigkeit erfordern; während YG8 einen etwas höheren Co-Gehalt (8 %, Fehler ±1 %) und eine etwas bessere Zähigkeit (K_1 c 12 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) aufweist und daher in Szenarien mit Schlagfestigkeit gute Leistungen erbringt.

Die Prüfmethoden umfassen Verschleißprüfung (ASTM G65, Last 130 N, Fehler ±1 N), Härteprüfung (ASTM E92, Last 10 kg, Fehler ±0,1 kg) und Bruchzähigkeitsprüfung (ISO 28079, Genauigkeit ±0,5 MPa·m¹ / ²) . Beispielsweise erreicht die Härte von YG6 HV 2000 (Fehler ±30) und die Verschleißrate beträgt 0,05 mm³ /N·m (Fehler ±0,01 mm³ /N·m); die Härte von YG8 beträgt HV 1900 (Fehler ±30) und die Zähigkeit K_1 c 12 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5).

Mechanismus und Analyse typischer Hartmetallsorten YG6 und YG8 (Co-Gehalt 6–8 %)

Der niedrige Co-Gehalt von YG6 (6 %, Fehler ± 1 %) verbessert die Härte (HV 2000, Fehler ± 30) erheblich, indem der Anteil der Bindephase verringert wird, und die Verschleißrate wird auf 0,05 mm³/N·m (Fehler ± 0,01 mm³/N·m) reduziert, was für hohe Anforderungen an die Verschleißfestigkeit geeignet ist. Der höhere Co-Gehalt von YG8 (8 %, Fehler ± 1 %) verbessert die Zähigkeit des Materials (K_1 c 12 MPa·m¹ / ², Fehler ± 0,5) und weist eine ausgezeichnete Rissbeständigkeit auf, was es besonders für Szenen geeignet macht, die eine gewisse Schlagfestigkeit erfordern. Die Korngröße von 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) gewährleistet eine Verstärkung der Korngrenzen (Korngrenzendichte > 10^{13} m^{-2} , Fehler ±10^{12} m^{-2}) . Die SEM-Analyse zeigt, dass YG6 eine gleichmäßige Kornverteilung (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %) und eine glatte Verschleißoberfläche (Ra <0,05 μm , Fehler ±0,01 μm) aufweist, was auf die optimierte Mikrostruktur hinweist. EDS-Tests bestätigen die gleichmäßige Verteilung von Co (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %) und garantieren so eine gleichbleibende Leistung. Daten aus Verschleißtests zeigen, dass YG6 YG8 hinsichtlich der Verschleißfestigkeit überlegen ist (Verschleißrate 0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m), was eng mit dem Unterschied im Co-Gehalt zusammenhängt.

Analyse der Faktoren, die typische Hartmetallsorten YG6 und YG8 beeinflussen (Co-Gehalt 6 %–8 %)

Die Leistung wird durch eine Kombination der folgenden Faktoren beeinflusst:

Co-Inhalt

Der Co-Gehalt von 6 % (Fehler ± 1 %) in YG6 gewährleistet eine hohe Härte; der Co-Gehalt von 8 % (Fehler ± 1 %) in YG8 verbessert die Zähigkeit. Die beiden sollten je nach Anwendung ausgewählt werden.

Körnung

Eine Korngröße von 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) verringert die Verschleißrate, übersteigt sie 2 μm (Fehler ±0,01 μm), erhöht sich die Verschleißrate um 15 % (Fehler ±3 %).

Oberflächenbehandlung

Eine Oberflächenrauheit von Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kann die Verschleißrate um 10 %

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

(Fehler ± 2 %) reduzieren, was durch die Reduzierung der Kontaktfläche der Reibfläche erreicht wird.

Laden

Bei einer Belastung von 130 N (Fehler ±1 N) bleibt die Leistung stabil; übersteigt die Belastung 200 N (Fehler ±1 N), erhöht sich die Verschleißrate um 10 % (Fehler ±2 %).

Umfeld

Eine sandige Umgebung (SiO_2 >50 %, ±5 %) erhöht die Verschleißrate um 20 % (±3 %) und erfordert zusätzliche Schutzmaßnahmen.

^{3} /N · m (Fehler ±0,01 mm ^{3} /N · m) unter den gleichen Bedingungen, was den entscheidenden Einfluss der Korngröße auf die Verschleißfestigkeit unterstreicht.

Die Optimierungsstrategie für typische Hartmetallsorten YG6 und YG8 (Co-Gehalt 6–8 %) zielt darauf ab, eine Verschleißrate von <0,06 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m) und eine Härte von >HV 1900 (Fehler ±30) zu erreichen. Folgende Optimierungsstrategien werden empfohlen:

Sortenauswahl

YG6 eignet sich für hohe Härteanforderungen und YG8 für hohe Zähigkeitsanforderungen. Wählen Sie entsprechend dem spezifischen Anwendungsszenario aus.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wird auf 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert und es wird ein VC-Inhibitor (0,2 %, Fehler ±0,01 %) verwendet, um zu verhindern, dass das Korn zu groß wird.

Co-Optimierung

Der Co-Gehalt wird bei 6–8 % (Fehler ± 1 %) gehalten, um das beste Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit zu erreichen.

Oberflächenbehandlung

Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert und die Verschleißrate um 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert.

Testspezifikationen

ASTM G65 wird zum Testen der Verschleißleistung und ASTM E92 zum Testen der Härte verwendet, um sicherzustellen, dass die Leistung den Standards entspricht.
Beispielsweise erreicht die Verschleißrate von YG6 (Korngröße 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm) 0,05 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m), was die Wirksamkeit der Optimierungsstrategie bestätigt.

Typische Hartmetallsorten YG6 und YG8 (Co-Gehalt 6–8 %) werden in technischen Anwendungen 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

und eignen sich gut für die folgenden Szenarien:

YG6
Stanzwerkzeuge (Härte HV 2000, Toleranz ±30) haben beim Hochfrequenzstanzen eine Lebensdauer von über 10^6-fach (Toleranz $\pm 10^5$-fach) und finden breite Anwendung in der Metallumformung.

YG8
Gleitringdichtungen (K_{Ic} 12 $MPa \cdot m^{1/2}$, Toleranz ±0,5) haben in Pumpenanlagen eine Lebensdauer von über 10^4 Stunden (Toleranz $\pm 10^3$ Stunden) und gewährleisten so eine dauerhafte Dichtwirkung.
Düse

YG6 (Verschleißrate 0,05 $mm^3/N \cdot m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N \cdot m$) verfügt über eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit in Sandstrahlgeräten und erfüllt die Bedingungen hoher Durchflussraten.
Diese Anwendungen zeigen, dass YG6 und YG8 die vielfältigen Anforderungen im Bereich der Verschleißfestigkeit erfolgreich erfüllen, indem sie sich auf unterschiedliche Leistungen konzentrieren.

10.4.2.3 Anwendungen von YG6 und YG8 (Co-Gehalt 6%-8%): Formen, Dichtungen und Düsen

) **Grundprinzipien und technischer Überblick**
Verschleißfestes Hartmetall weist eine hervorragende Leistung in Anwendungen wie Formen (Lebensdauer > 10^6-fach, Fehler ± 10^5-fach), Dichtungen (Lebensdauer > 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden) und Düsen (Lebensdauer bei Flüssigkeitsaufprall > 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden) mit einer Härte von HV 1800–2000 (Fehler ± 30) und einer niedrigen Verschleißrate (< 0,06 $mm^3/N \cdot m$, Fehler ± 0,01 $mm^3/N \cdot m$) auf. Die Korngröße wird präzise auf 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert, der Co-Gehalt liegt bei 6–8 % (Fehler ± 1 %), und die Verschleißfestigkeit und Lebensdauer werden durch Oberflächenpolitur weiter verbessert (Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm). Die hervorragenden Eigenschaften dieser Materialien machen sie zur ersten Wahl für hochverschleißfeste Teile im industriellen Bereich, insbesondere für Geräte, die einen langzeitstabilen Betrieb erfordern.

Zu den Testmethoden gehören Verschleißtests (ASTM G65, Last 130 N, Fehler ±1 N), Ermüdungstests (ASTM E466, Genauigkeit $\pm 10^4$-fach) und Oberflächenrauheitstests (ISO 4287, Genauigkeit ±0,001 μm). Beispielsweise hat YG6 (Korn 1 μm , Fehler ±0,01 μm) bei Formanwendungen eine Lebensdauer von mehr als 10^6-fach (Fehler $\pm 10^5$-fach), und die Düsenverschleißrate bleibt bei 0,05 $mm^3/N \cdot m$ (Fehler ±0,01 $mm^3/N \cdot m$).

Mechanismus und Analyse von Hartmetall YG6, YG8 (Co-Gehalt 6–8 %).
Die feine Kornstruktur (0,5–1 μm , Fehler ± 0,01 μm) bietet Härte (HV 2000, Fehler ± 30) durch

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

hohe Korngrenzendichte (> 10^{13} m^{-2}, Fehler ± 10^{12} m^{-2}), und der Co-Gehalt (6 %, Fehler ± 1 %) gewährleistet Zähigkeit (K_1 c 10 MPa·m^{1} /², Fehler ± 0,5) durch plastische Deformation (Dehnung 1 %, Fehler ± 0,1 %), und die Verschleißrate wird bei < 0,06 mm^3 /N·m (Fehler ± 0,01 mm^3/N·m) gehalten. Durch das Polieren der Oberfläche (Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm) werden der Reibungskoeffizient (< 0,5, Fehler ± 0,05) deutlich verringert und der Verschleiß reduziert. Die SEM-Analyse zeigt, dass die Verschleißverteilung von YG6 bei Formenbauanwendungen gleichmäßig ist (Tiefe < 0,05 mm, Fehler ± 0,01 mm), was die optimierte Mikrostruktur widerspiegelt. Der EDS-Test bestätigt die gleichmäßige Verteilung von Co (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %), wodurch die Stabilität der Materialeigenschaften gewährleistet wird. Daten aus Ermüdungstests zeigen, dass die Lebensdauer von YG6 > 10^6-mal (Fehler ± 10^5-mal) beträgt, was besser ist als die von YG8 (10^5-mal, Fehler ± 10^4-mal, Co 8 %, Fehler ± 1 %), was eng mit dem niedrigeren Co-Gehalt und der höheren Härte zusammenhängt.

Analyse der Faktoren, die die Anwendung von Hartmetall YG6 und YG8 (Co-Gehalt 6 %–8 %) beeinflussen

. Der Anwendungseffekt wird von vielen Faktoren beeinflusst:

Körnung

0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) erhöht die Lebensdauer; wenn sie 2 μm (Fehler ±0,01 μm) überschreitet, erhöht sich die Verschleißrate um 15 % (Fehler ±3 %), wahrscheinlich aufgrund der Verringerung der Korngrenzen.

Co-Inhalt

Ein Co-Gehalt von 6–8 % (Fehler ± 1 %) führt zu einer ausgewogenen Leistung; liegt er über 10 % (Fehler ± 1 %), verringert sich die Härte um 10 % (Fehler ± 2 %), was sich auf die Verschleißfestigkeit auswirkt.

Oberflächenrauheit

von Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) erhöht sich die Lebensdauer um 15 % (Fehler ± 3 %), bei einer Rauheit von > 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) erhöht sich der Verschleiß um 10 % (Fehler ± 2 %).

Arbeitsbedingungen

Wenn die Aufprallgeschwindigkeit der Flüssigkeit >10 m/s (Fehler ±0,1 m/s) beträgt, ist YG6 gut geeignet; unter Bedingungen geringer Belastung ist YG8 besser geeignet.

Umweltfaktoren

Die sandige Umgebung führt zu einer um 20 % erhöhten Abnutzung (Fehler ±3 %) und erfordert einen gezielten Schutz.

Beispielsweise sinkt die Lebensdauer von YG8 (Oberflächenrauheit Ra > 0,1 μm , Fehler ± 0,01 μm) bei der Düsenanwendung auf 5 × 10^3 Stunden (Fehler ± 500 Stunden), was die Bedeutung der Oberflächenqualität verdeutlicht.

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

Die Optimierungsstrategie für Hartmetall YG6 und YG8 (Co-Gehalt 6–8 %)
zielt auf eine Lebensdauer von $>10^6$ (Fehler $\pm10^5$) und eine Verschleißrate von <0,06 $mm^3/N·m$ (Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) ab. Folgende Optimierungsstrategien werden empfohlen:

Sortenauswahl
YG6 eignet sich für Formen und YG8 für Dichtungen. Wählen Sie entsprechend den Anwendungsanforderungen.

Getreidekontrolle
Die Korngröße wurde auf 0,5–1 µm (Fehler ±0,01 µm) kontrolliert und das Kornwachstum durch VC (0,2 %, Fehler ±0,01 %) unterdrückt.

Oberflächenoptimierung
Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 µm (Fehler ± 0,01 µm) kontrolliert und die Verschleißrate um 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert.

Sinterprozess
Das Sintern wurde bei 1450 °C (±10 °C) mit einem Druck von 50 MPa (±1 MPa) durchgeführt, um eine Dichte von >99,5 % (±0,1 %) sicherzustellen.

Testspezifikationen
Verwenden Sie ASTM G65 zum Testen des Verschleißes und ISO 4287 zum Testen der Oberflächenrauheit, um sicherzustellen, dass die Leistung den Standards entspricht.
Beispielsweise überschritt die Lebensdauer von YG6 (Korn 0,5 µm , Fehler ±0,01 µm , Ra < 0,05 µm , Fehler ±0,01 µm) in der Form das 10^6-fache (Fehler $\pm10^5$-fache), was den Erfolg der Optimierungsstrategie bestätigt.

Verschleißfestes Hartmetall YG6, YG8 (Co-Gehalt 6–8 %) für technische Anwendungen
eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Stanzform
^{6}-fach (Fehler ±10 ^{5}-fach) beim Hochfrequenzstanzen und wird häufig in der Präzisionsfertigung verwendet.

Gleitringdichtung
YG8 (K_{Ic} 12 $MPa·m^{1/2}$, Fehler ±0,5) hat eine Lebensdauer von >10 ^{4} Stunden (Fehler ±10 ^{3} Stunden) in Pumpenanlagen und gewährleistet so eine langfristige Betriebssicherheit.

Sandstrahldüse
YG6 (Verschleißrate 0,05 $mm^3/N·m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) hat eine Lebensdauer von > 10^4 Stunden (Fehler ± 10^3 Stunden) beim Hochgeschwindigkeits- Sandstrahlen und erfüllt damit die industriellen Anforderungen.

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

Diese Anwendungen demonstrieren die herausragende Leistung von verschleißfestem Hartmetall in Szenarien mit hoher Lebensdauer und hoher Verschleißfestigkeit und bieten effiziente und langlebige Materialoptionen für verwandte Branchen.

10.4.3 Hartmetall für Korrosionsbeständigkeit

Korrosionsbeständiges Hartmetall zeichnet sich durch eine niedrige Korrosionsrate (<0,1 mm/Jahr, Fehler ±0,01 mm/Jahr) und eine ausgezeichnete chemische Stabilität (Gewichtsverlust <0,1 mg/cm² , Fehler ±0,01 mg/cm²) aus und wird häufig unter extremen Bedingungen wie Säure-Basen-Umgebungen (pH 2–12, Fehler ±0,1) und Salzsprühnebelumgebungen (NaCl > 5 %, Fehler ±0,1 %) eingesetzt. Diese Materialien bilden durch das optimierte Design der Ni-Basis (Ni-Gehalt 8–15 %, Fehler ±1 %) und Cr-Zugabe (Cr-Gehalt 0,5–2 %, Fehler ±0,01 %) eine effiziente Passivierungsschutzschicht, die die Korrosionsbeständigkeit deutlich verbessert. Korrosionsbeständiges Hartmetall eignet sich gut für Chemieanlagen (Lebensdauer > 5 Jahre, Fehler ± 0,5 Jahre) und den Schiffsbau (Lebensdauer > 3 Jahre, Fehler ± 0,3 Jahre) und bietet aufgrund seiner Leistungsstabilität eine zuverlässige Materialgarantie für diese Branchen. Der Materialaufbereitungsprozess basiert auf präziser Pulvermetallurgie, kombiniert mit Korngrößenkontrolle (0,5–2 μm , Fehler ± 0,01 μm) und Hochtemperatursintern (1450 °C, Fehler ± 10 °C), wodurch die koordinierte Entwicklung von Mikrostruktur und Makroeigenschaften gewährleistet wird.

Dieser Abschnitt beginnt mit den beiden Aspekten der Leistungsoptimierung und den Anwendungsszenarien von Legierungen auf Ni-Basis und mit Cr-Zusatz und kombiniert eine detaillierte Mechanismusanalyse, eine Diskussion der Einflussfaktoren und Optimierungsstrategien, um ihre technischen Eigenschaften und ihren technischen Anwendungswert eingehend zu analysieren.

10.4.3.1 Ni-Basis- und Cr-Legierungen: Korrosionsrate <0,1 mm/Jahr

Überblick über die Grundlagen und Technologien der korrosionsbeständigen Hartmetall Ni-basiertes Hartmetall (Ni-Gehalt 8–15 %, Fehler ± 1 %) und eine mit Cr versetzte Legierung (Cr-Gehalt 0,5–2 %, Fehler ± 0,01 %) hemmen die Korrosionsrate wirksam auf <0,1 mm/Jahr (Fehler ± 0,01 mm/Jahr), indem sie auf der Oberfläche eine NiO /Cr_2O_3-Passivierungsschicht (Dicke ca. 10 nm, Fehler ± 1 nm) bilden. Diese Materialien weisen außerdem eine mittlere Härte (HV 1500–1800, Fehler ± 30) und Zähigkeit (K_1 c 10–12 MPa·m^1 / ², Fehler ± 0,5) auf, sodass sie in sauren (pH-Wert < 3, Fehler ± 0,1) oder stark salzhaltigen (NaCl > 5 %, Fehler ± 0,1 %) Umgebungen lange Zeit stabil funktionieren. Die Korngröße wird präzise auf 0,5–2 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert und durch einen Sinterprozess bei 1450 °C (Fehler ±10 °C) werden eine hohe Dichte und gleichmäßige Struktur erreicht, wodurch die umfassenden Anforderungen industrieller Anwendungen hinsichtlich Korrosionsbeständigkeit und mechanischer Eigenschaften erfüllt werden.

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

Zu den Testmethoden gehören der Salzsprühnebel-Korrosionstest (ISO 9227, Temperatur 35 °C, Fehler ±1 °C), der elektrochemische Test (ASTM G59, Abtastrate 0,1 mV/s, Fehler ±0,01 mV/s) und der Verschleißschutztest (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³ / N·m). Beispielsweise zeigte WC10Ni0.5Cr (Korn 1 μm , Fehler ±0,01 μm) eine Korrosionsrate von 0,08 mm/Jahr (Fehler ±0,01 mm/Jahr) und eine Härte von HV 1600 (Fehler ±30), was seine Leistungsvorteile voll und ganz bestätigte.

Mechanismus und Analyse von korrosionsbeständigem Hartmetall

Die elektrochemische Stabilität von Ni (E_corr etwa 0,1 V, Fehler ±0,02 V vs. SCE) ist wesentlich besser als die von herkömmlichen Co-basierten Legierungen (0,3 V, Fehler ±0,02 V) und das Eindringen von Cl^--Ionen wird durch die Bildung einer NiO- Passivierungsschicht (Dicke 10 nm, Fehler ±1 nm) wirksam blockiert (Eindringrate $<10^{-10}$ cm²/s, Fehler ±10^{-11} cm²/s). Die Zugabe von Cr verringert die Korrosionsstromdichte (i_corr $<10^{-6}$ A/cm², Fehler ±10^{-7} A/cm²) durch die Erzeugung einer Cr_2O_3 -Schicht (Dicke 10 nm, Fehler ±1 nm) weiter und erhöht so die Beständigkeit des Materials gegen Lochkorrosion. Die Härte von HV 1600 (Fehler ±30) wird hauptsächlich durch einen hohen WC-Anteil (>80 %, Fehler ±1 %) gewährleistet, während Ni als Bindephase (Gehalt 10 %, Fehler ±1 %) durch plastische Deformation (Dehnung 1 %, Fehler ±0,1 %) eine Zähigkeit von K_{1c} 10 MPa·$m^{1/2}$ (Fehler ±0,5) gewährleistet. Die SEM-Analyse zeigt, dass die Kornverteilung von WC10Ni0,5Cr sehr gleichmäßig ist (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %). Die XPS-Spektroskopie bestätigt zudem das Vorhandensein von NiO (Ni2p ca. 854 eV, Fehler ±0,1 eV) und Cr2O3 (Cr3p ca. 577 eV, Fehler ±0,1 eV). Ein Salzsprühnebel-Korrosionstest (Dauer 1000 Stunden, Fehler ±100 Stunden) zeigte, dass die Korrosionsrate von WC10Ni0,5Cr stabil bei 0,08 mm/Jahr (Fehler ±0,01 mm/Jahr) lag und somit eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit aufweist.

Analyse der Faktoren, die die Korrosionsbeständigkeit von Hartmetall beeinflussen

Die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften von Materialien werden maßgeblich von vielen Faktoren beeinflusst:

Ni-Gehalt

Die Korrosionsbeständigkeit ist am besten, wenn der Ni-Gehalt 10 % beträgt (Fehler ± 1 %). Übersteigt er 15 % (Fehler ± 1 %), verringert sich die Härte um etwa 10 % (Fehler ± 2 %), was auf die erweichende Wirkung der Ni-Phase zurückzuführen sein kann.

Cr-Gehalt

Ein Cr-Gehalt von 0,5–1 % (Fehler ± 0,01 %) bildet eine stabile Passivierungsschicht. Übersteigt er 2 % (Fehler ± 0,01 %), verringert sich die Zähigkeit K_{1c} um etwa 15 % (Fehler ± 3 %) und die Sprödigkeit kann aufgrund des übermäßigen Cr-Gehalts zunehmen.

Körnung

Eine Korngröße von 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) minimiert die Korrosionsrate; wenn sie 2 μm (Fehler ±0,01 μm) überschreitet, erhöht sich die Lochfraßrate um 15 % (Fehler ±3 %), was mit 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

Verringerung der Korngrenzen zusammenhängt.

Umweltbedingungen

In einer stark sauren Umgebung (pH < 2, Fehler ± 0,1) erhöht sich die Korrosionsstromdichte i_corr um 20 % (Fehler ± 5 %), in einer Umgebung mit hohem Salzgehalt (NaCl > 5 %, Fehler ± 0,1 %) erhöht sich die Lochfraßrate um 10 % (Fehler ± 2 %).

Oberflächenbehandlung

Bei einer Oberflächenrauheit Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) verringert sich die Korrosionsrate um 15 % (Fehler ± 3 %); bei einer Rauheit > 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) kann sich die Korrosionsrate erhöhen.

Beispielsweise stieg die Korrosionsrate von WC15Ni (ohne Cr-Zusatz) unter denselben Bedingungen auf 0,12 mm/Jahr (Fehler ±0,01 mm/Jahr), was auf die Schlüsselrolle des Cr-Zusatzes für die Korrosionsbeständigkeit hinweist.

Optimierungsstrategie für korrosionsbeständiges Hartmetall

Um eine Korrosionsrate von <0,1 mm/Jahr (Fehler ±0,01 mm/Jahr) und eine Härte von >HV 1600 (Fehler ±30) zu erreichen, wird folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Zutatenoptimierung

Der Ni-Gehalt wird auf 8–12 % (Fehler ± 1 %) und der Cr-Gehalt auf 0,5–1 % (Fehler ± 0,01 %) kontrolliert, um eine effiziente Passivierungsschicht zu bilden.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wurde bei 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) gehalten und das Kornwachstum durch Zugabe eines VC-Inhibitors (0,2 %, Fehler ±0,01 %) verhindert.

Oberflächenbehandlung

Mithilfe einer Präzisionspoliertechnologie wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert, wodurch die Lochfraßrate um 15 % (Fehler ± 3 %) reduziert wird.

Sinterprozess

Der Sinterprozess wird bei einer Sintertemperatur von 1450 °C (±10 °C Toleranz) und einem Druck von 50 MPa (±1 MPa Toleranz) durchgeführt, um eine Dichte von >99,5 % (±0,1 %) zu gewährleisten und die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Testspezifikationen

Zur Überprüfung des Optimierungseffekts wurden Salzsprühkorrosionstests gemäß ISO 9227 und elektrochemische Leistungstests gemäß ASTM G59 verwendet.

Beispielsweise stabilisierte sich die Korrosionsrate von WC10Ni0,5Cr (Korngröße 1 μm , Fehler ±0,01 μm) nach der Optimierung bei 0,08 mm/Jahr (Fehler ±0,01 mm/Jahr), was eine deutliche

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

Leistungsverbesserung darstellt.

Für korrosionsbeständige technische Anwendungen
eignen sich Hartmetalle gut für die folgenden Szenarien:

Chemiepumpen
Die Lebensdauer von WC10Ni0.5Cr (Korrosionsrate 0,08 mm/Jahr, Fehler ±0,01 mm/Jahr) im sauren Medium beträgt mehr als 5 Jahre (Fehler ±0,5 Jahre), was einen langfristigen Betrieb der Ausrüstung gewährleistet.

Schiffsventile
WC12Ni1Cr (Härte HV 1600, Fehler ±30) hat eine Lebensdauer von mehr als 3 Jahren (Fehler ±0,3 Jahre) in Seewasserumgebung und verfügt über eine hervorragende Beständigkeit gegen Salzsprühkorrosion.

Säurerohr
WC10Ni (K_{IC} 10 MPa·$m^{1/2}$, Fehler ±0,5) hat unter sauren Bedingungen mit einem pH-Wert <3 (Fehler ±0,1) eine Lebensdauer von mehr als 5 Jahren (Fehler ±0,5 Jahre) und erfüllt damit die Anforderungen hochkorrosiver Umgebungen.

Diese Anwendungen demonstrieren die Zuverlässigkeit und Praktikabilität von Legierungen auf Nickelbasis und mit Cr-Zusatz in rauen Umgebungen und bieten eine effiziente Materialunterstützung für die chemische Verfahrenstechnik und den Schiffsbau.

10.4.3.2 Anwendung von korrosionsbeständigem Hartmetall: Chemieanlagenbau und Schiffsbau

Überblick über die Grundprinzipien und Technologien korrosionsbeständiger Hartmetallanwendungen.
Aufgrund seiner niedrigen Korrosionsrate (<0,1 mm/Jahr, Fehler ±0,01 mm/Jahr) und ausgezeichneten chemischen Stabilität wird korrosionsbeständiges Hartmetall häufig in chemischen Geräten (Pumpen, Ventile, Lebensdauer >5 Jahre, Fehler ±0,5 Jahre) und im Schiffsbau (Ventile, Bohrwerkzeuge, Lebensdauer >3 Jahre, Fehler ±0,3 Jahre) eingesetzt. Der synergistische Effekt des Ni-Gehalts (8–15 %, Fehler ±1 %) und des Cr-Gehalts (0,5–2 %, Fehler ±0,01 %) bildet eine NiO /Cr_2O_3-Passivierungsschicht mit einer Korngröße von 0,5–2 μm (Fehler ±0,01 μm) und einer Härte von 1500–1800 HV (Fehler ±30). Die Oberflächenpolitur (Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm) verbessert die Haltbarkeit und Korrosionsbeständigkeit des Materials zusätzlich und ermöglicht so einen langen Einsatz in salzhaltigen und sauren Umgebungen. Diese Eigenschaften machen es zu einem unverzichtbaren Material in der Chemie- und Schifffahrtsbranche.

Zu den Testmethoden gehören der Salzsprühnebel-Korrosionstest (ISO 9227, 1000 Stunden, Fehler ±100 Stunden), der elektrochemische Leistungstest (ASTM G59, Genauigkeit ±0,001 V) und der

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

Ermüdungsleistungstest (ASTM E466, Genauigkeit ±10⁴-fach). Beispielsweise hat WC10Ni0,5Cr (Korn 1 μm , Fehler ±0,01 μm) in einer Umgebung mit 5 % NaCl (Fehler ±0,1 %) eine Lebensdauer von mehr als 3 Jahren (Fehler ±0,3 Jahre), was sein Anwendungspotenzial im Schiffsbau unterstreicht.

aus **Hartmetall für Korrosionsbeständigkeit**

Die NiO / Cr_2O_3 -Passivierungsschicht (Dicke 10 nm, Fehler ±1 nm) schützt das Matrixmaterial durch Reduzierung der Korrosionsrate (0,08 mm/Jahr, Fehler ±0,01 mm/Jahr), WC (Gehalt >80 %, Fehler ±1 %) sorgt für Härte (HV 1600, Fehler ±30) und Ni (Gehalt 10 %, Fehler ±1 %) gewährleistet Zähigkeit (K_{1c} 10 MPa·m¹/², Fehler ±0,5) durch plastische Verformung (Dehnung 1 %, Fehler ±0,1 %) und verhindert so wirksam die Ausbreitung von Lochkorrosion (<0,01 mm, Fehler ±0,001 mm). Die SEM-Analyse zeigt, dass die Oberfläche von WC10Ni0,5Cr nach der Korrosion glatt ist (Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm), und das XPS-Spektrum bestätigt das Vorhandensein von NiO (Ni2p ca. 854 eV, Fehler ± 0,1 eV) und Cr_2O_3 (Cr3p ca. 577 eV, Fehler ± 0,1 eV). Daten aus dem Salzsprühkorrosionstest zeigen, dass die Legierung eine Lebensdauer von mehr als 3 Jahren hat (Fehler ± 0,3 Jahre). Im Vergleich dazu ist die Leistung der herkömmlichen WC10Co-Legierung (Korrosionsrate 0,5 mm/Jahr, Fehler ± 0,01 mm/Jahr) deutlich schlechter, was die Überlegenheit der Ni- und Cr-Zugabe unterstreicht.

Analyse der Faktoren, die die Anwendung von korrosionsbeständigem Hartmetall beeinflussen.

Der Anwendungseffekt wird durch eine Kombination von Faktoren beeinflusst:

Ni/Cr-Gehalt

Die Korrosionsbeständigkeit ist am besten, wenn der Ni-Gehalt 10 % (Fehler ± 1 %) und der Cr-Gehalt 0,5 % (Fehler ± 0,01 %) beträgt. Wenn der Ni-Gehalt 15 % (Fehler ± 1 %) übersteigt, verringert sich die Härte um 10 % (Fehler ± 2 %). Wenn der Cr-Gehalt 2 % (Fehler ± 0,01 %) übersteigt, verringert sich die Zähigkeit.

Körnung

Eine Korngröße von 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) verringert die Lochkorrosion, übersteigt sie 2 μm (Fehler ±0,01 μm), erhöht sich die Lochfraßrate um 15 % (Fehler ±3 %).

Oberflächenrauheit

von Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) erhöht sich die Lebensdauer um 15 % (Fehler ± 3 %), bei einer Rauheit von > 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) erhöht sich die Korrosionsrate um 10 % (Fehler ± 2 %).

Umweltbedingungen

In einer stark sauren Umgebung (pH <2, Fehler ±0,1) erhöht sich die Korrosionsrate um 20 % (Fehler ±3 %); in einer Umgebung mit hohem Salzgehalt (NaCl > 10 %, Fehler ±0,1 %) erhöht sich die Lochfraßrate um 15 % (Fehler ±3 %).

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

Ladebedingungen

Wenn die Aufprallgeschwindigkeit der Flüssigkeit >10 m/s (Fehler ±0,1 m/s) beträgt, ist eine höhere Zähigkeit erforderlich, um mechanischen Schäden standzuhalten.

Beispielsweise verringert sich die Lebensdauer von WC15Ni (Oberflächenrauheit Ra > 0,1 μm , Fehler ± 0,01 μm) in einer Meeresumgebung auf 2 Jahre (Fehler ± 0,2 Jahre), was auf den entscheidenden Einfluss der Oberflächenqualität auf die Lebensdauer hinweist.

Die Optimierungsstrategie für den Einsatz von korrosionsbeständigem Hartmetall

besteht darin, eine Lebensdauer von >3 Jahren (Fehler ±0,3 Jahre) und eine Korrosionsrate von <0,1 mm/Jahr (Fehler ±0,01 mm/Jahr) zu erreichen. Folgende Optimierungsstrategien werden empfohlen:

Zutatenoptimierung

Der Ni-Gehalt wird auf 8–12 % (Fehler ± 1 %) und der Cr-Gehalt auf 0,5–1 % (Fehler ± 0,01 %) kontrolliert, um den Passivierungseffekt zu verbessern.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wurde bei 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) gehalten und die Mikrostruktur durch VC-Inhibitor (0,2 %, Fehler ±0,01 %) optimiert.

Oberflächenoptimierung

Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert und die Lochfraßrate um 15 % (Fehler ± 3 %) reduziert.

Sinterprozess

Das Sintern wurde bei einer Sintertemperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) und einem Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) durchgeführt, wodurch eine Dichte von >99,5 % (Fehler ±0,1 %) gewährleistet wurde.

Testspezifikationen

ISO 9227 wird für Salzsprühkorrosionstests und ASTM G59 für elektrochemische Leistungstests verwendet, um sicherzustellen, dass die Leistung den Standards entspricht.

Beispielsweise betrug die Lebensdauer von WC10Ni0.5Cr (Oberflächenrauheit Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm) nach der Optimierung mehr als 3 Jahre (Fehler ± 0,3 Jahre), was die Wirksamkeit der Strategie bestätigt.

Anwendungen für korrosionsbeständiges Hartmetall Technische Anwendungen

Korrosionsbeständiges Hartmetall eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Korrosionsbeständige Hartmetall-Chemieventile

WC10Ni0,5Cr (Korrosionsrate 0,08 mm/Jahr, Fehler ±0,01 mm/Jahr) hat eine Lebensdauer von

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

mehr als 5 Jahren (Fehler ±0,5 Jahre) in sauren Medien und eignet sich für die chemische Prozesskontrolle.

Korrosionsbeständige Hartmetall-Offshore-Bohrwerkzeuge

WC12Ni1Cr (Härte HV 1600, Fehler ±30) hat eine Lebensdauer von mehr als 3 Jahren (Fehler ±0,3 Jahre) in Meerwasserumgebung und erfüllt damit die Anforderungen des Tiefseebergbaus.

Säurereaktor aus Hartmetall für Korrosionsbeständigkeit

WC10Ni (K_{Ic} 10 MPa·m$^{1/2}$, Fehler ±0,5) hat eine Lebensdauer von mehr als 5 Jahren unter sauren Bedingungen von pH <3 (Fehler ±0,1)
(Fehler ±0,5 Jahre), wodurch der sichere Betrieb des Reaktors gewährleistet wird.

Diese Anwendungen demonstrieren die hervorragende Leistung von korrosionsbeständigem Hartmetall in der chemischen Industrie und im Schiffsbau und bieten effiziente und langlebige Materiallösungen für verwandte Branchen.

10.4.4 Hartmetall für Hochtemperaturanwendungen

Hochtemperatur-Hartmetalle werden häufig in Anwendungen eingesetzt, die Haltbarkeit in Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen erfordern. Ihre Hauptmerkmale sind ihre hervorragende Oxidationsbeständigkeit (> 1000 °C, ± 10 °C, Oxidationsgewichtszunahme < 0,5 mg/cm² , ± 0,05 mg/cm²) und hervorragende thermische Stabilität (Härteverlust < 10 %, ± 2 %). Diese Materialien eignen sich hervorragend für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt (Werkzeuglebensdauer > 5000 Stunden, ± 500 Stunden) und für Energiekomponenten (Lebensdauer > 10^4 Stunden, ± 10^3 Stunden) dank ihrer Materialsysteme auf TiC- oder WC-Basis, kombiniert mit verstärkenden Zusätzen von Mo/Nb (Gehalt 2–10 %, ± 0,1 %) und präziser Kontrolle der Korngröße (1–2 μm , ± 0,01 μm). Durch einen Sinterprozess bei 1500 °C (±10 °C) erreichen diese Legierungen eine hohe Dichte und eine homogene Mikrostruktur, wodurch eine langfristige Zuverlässigkeit unter Hochtemperaturbedingungen gewährleistet wird.

Dieser Abschnitt beginnt mit den beiden Aspekten Leistungsanforderungen und Anwendungen und kombiniert Mechanismusanalyse, Diskussion von Einflussfaktoren und Optimierungsstrategien, um die technischen Eigenschaften und das technische Anwendungspotenzial umfassend zu analysieren.

10.4.4.1 Leistungsanforderungen für Hochtemperatur-Hartmetall: Oxidationsbeständigkeit (>1000°C)

Grundlagen und Technologieübersicht von Hochtemperatur- HartmetallHigh

Das temperaturbeständige Hartmetall ist so konzipiert, dass es bei extrem hohen Temperaturen von über 1000 °C (Fehler ± 10 ° C) seine Oxidationsbeständigkeit (Oxidationsgewichtszunahme < 0,5 mg/ cm², Fehler ± 0,05 mg/cm²) beibehält und gleichzeitig eine hohe Härte (HV 1800–2000, Fehler ± 30) und eine mäßige Bruchfestigkeit (Bruchfestigkeit 6–10 MPa·m$^{1/2}$, Fehler ± 0,5) aufweist. Das Material basiert hauptsächlich auf TiC (Gehalt 60–80 %, Fehler ±1 %) oder WC (Gehalt > 80 %,

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

Fehler ±1 %), wobei Mo/Nb (Gehalt 2–5 %, Fehler ±0,1 %) zur Bildung der Mo_2C/ NbC - Verstärkungsphase hinzugefügt wird. Die Korngröße liegt bei 1–2 μm (Fehler ±0,01 μm) und wird durch einen Sinterprozess bei 1500 °C (Fehler ±10 °C) hergestellt. Diese Konstruktion gewährleistet die Stabilität des Materials bei Hochtemperaturoxidation und mechanischer Belastung und macht es besonders geeignet für kritische Komponenten in der Luft- und Raumfahrt sowie der Energiebranche.

Zu den Testmethoden gehören ein Hochtemperatur-Oxidationstest (ASTM E1876, Temperatur 1000 °C, Fehler ±10 °C), ein Härtetest (ASTM E92, Last 10 kg, Fehler ±0,1 kg) und ein Verschleißtest (ASTM G99, Last 10 N, Fehler ±0,1 N). Beispielsweise weist TiC20Ni5Mo (Korn 1 μm , Fehler ±0,01 μm) bei hoher Temperatur eine Oxidationsgewichtszunahme von nur 0,3 mg/cm² (Fehler ±0,05 mg/cm²) und eine Härte von HV 1900 (Fehler ±50) auf, was seine hervorragende Leistung unterstreicht.

Mechanismus und Analyse von Hochtemperatur-Hartmetall

Die hohe kovalente Bindungsenergie von TiC (ca. 500 kJ/mol, Fehler ±10 kJ/mol) verleiht ihm eine ausgezeichnete thermische Stabilität. Die Mo_2C- Verfestigungsphase (Bildungstemperatur 1000 °C, Fehler ±10 °C) verbessert die Oxidationsbeständigkeit erheblich, indem sie die Festigkeit der Grenzflächenbindung erhöht (>100 MPa, Fehler ±10 MPa), und die Gewichtszunahme durch Oxidation wird auf <0,5 mg/cm² (Fehler ±0,05 mg/cm²) kontrolliert . Ni als Bindephase (Gehalt 20 %, Fehler ±1 %) gewährleistet, dass die Bruchfestigkeit durch plastische Deformation (Dehnung 1 %, Fehler ±0,1 %) 8 $MPa \cdot m^{1/2}$ (Fehler ±0,5) erreicht , wodurch Rissausbreitung bei hohen Temperaturen wirksam verhindert wird. Die SEM-Analyse zeigt, dass die Kornverteilung von TiC20Ni5Mo gleichmäßig ist (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %) und Mo_2C- Partikel (Größe 0,1 μm , Fehler ±0,01 μm) gleichmäßig in die Schnittstelle eingebettet sind, was die Mikrostruktur weiter optimiert. Die XPS-Spektroskopie bestätigt die nach der Hochtemperaturoxidation auf der Oberfläche erzeugten TiO_2- (Ti2p ca. 459 eV, Fehler ±0,1 eV) und NiO- Schichten , die die Oxidationsbeständigkeit des Materials verbessern. Die Ergebnisse der Hochtemperaturtests zeigen, dass die Oxidationsgewichtszunahme von TiC20Ni5Mo 0,3 mg/cm² (Fehler ±0,05 mg/cm²) beträgt , was deutlich besser ist als bei herkömmlichem WC10Co (Oxidationsgewichtszunahme 0,8 mg/cm² , Fehler ±0,05 mg/cm²) .

Analyse der Faktoren, die sich auf Hochtemperatur-Hartmetall auswirken.

Die Leistung von Materialien wird durch eine Kombination von Faktoren beeinflusst:

Mo/Nb-Gehalt

Die Oxidationsbeständigkeit ist am besten, wenn der Mo/Nb-Gehalt 5 % beträgt (Fehler ±0,1 %). Übersteigt er 10 % (Fehler ±0,1 %), verringert sich die Bruchfestigkeit um etwa 15 % (Fehler ±3 %), was auf eine übermäßige Verstärkungsphase zurückzuführen sein kann, die zu erhöhter Sprödigkeit führt.

Körnung

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

Bei einer Korngröße von 1–2 μm (Fehler ±0,01 μm) wird die oxidative Gewichtszunahme minimiert; übersteigt sie 5 μm (Fehler ±0,01 μm), erhöht sich die oxidative Gewichtszunahme um 15 % (Fehler ±3 %), was mit der Verringerung der Korngrenzen zusammenhängt.

Ni-Gehalt

Ein Ni-Gehalt von 20 % (Fehler ±1 %) bietet die beste Bruchfestigkeit; liegt er über 30 % (Fehler ±1 %), verringert sich die Härte aufgrund der erweichenden Wirkung der Ni-Phase um etwa 10 % (Fehler ±2 %).

Umgebungstemperatur

Bei >1200 °C (Fehler ±10 °C) hat sich die Oxidationsgewichtszunahme um 20 % erhöht (Fehler ±3 %) und die Antioxidationsbeschichtung muss weiter optimiert werden.

Oberflächenbehandlung

Wenn die Oberflächenrauheit Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) ist, verringert sich die Oxidationsrate um 10 % (Fehler ± 2 %). Wenn die Rauheit höher ist, kann sich die Oxidationsrate beschleunigen.

Beispielsweise sinkt die Bruchfestigkeit von TiC20Ni10Mo (Mo-Gehalt > 10 %, Fehler ± 0,1 %) bei hohen Temperaturen auf 5 MPa·m^{1} /^{2} (Fehler ± 0,5), was auf die negativen Auswirkungen eines übermäßigen Mo/Nb-Gehalts auf die Leistung hinweist.

Optimierungsstrategie für Hochtemperatur-Hartmetall

Um eine Oxidationsgewichtszunahme <0,5 mg/cm² (Fehler ±0,05 mg/cm²) und eine Härte >HV 1800 (Fehler ±50) zu erreichen, wird die folgende Optimierungsstrategie empfohlen:

Zutatenoptimierung

Der Mo/Nb-Gehalt wird auf 2–5 % (Fehler ± 0,1 %) und der Ni-Gehalt auf 15–20 % (Fehler ± 1 %) kontrolliert, um ein Gleichgewicht zwischen Oxidationsbeständigkeit und mechanischen Eigenschaften herzustellen.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wurde bei 1–2 μm (Fehler ±0,01 μm) gehalten und eine zu große Korngröße wurde durch Zugabe eines VC-Inhibitors (0,2 %, Fehler ±0,01 %) verhindert.

Oberflächenbehandlung

Mithilfe einer Präzisionspoliertechnologie wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert, wodurch die Oxidationsrate um 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert wird.

Sinterprozess

Der Sinterprozess wird bei einer Sintertemperatur von 1500 °C (Fehler ±10 °C) und einem Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) durchgeführt, um eine Dichte von >99,5 % (Fehler ±0,1 %) zu

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

gewährleisten und die Hochtemperaturstabilität zu verbessern.

Testspezifikationen

Zur Überprüfung des Optimierungseffekts wurde ASTM E1876 zum Testen der Oxidationsleistung bei hohen Temperaturen und ASTM G99 zum Testen der Verschleißleistung verwendet.
Beispielsweise beträgt die Oxidationsgewichtszunahme von TiC20Ni5Mo (Korngröße 1 μm , Fehler ±0,01 μm) nach der Optimierung nur 0,3 mg/cm² (Fehler ±0,05 mg/cm²) , was die Wirksamkeit der Strategie bestätigt.

Technische Anwendungen von Hochtemperatur-Hartmetall

Hochtemperatur-Hartmetall eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Luftfahrtwerkzeuge

TiC20Ni5Mo (Härte HV 1900, Fehler ±50) hat eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) beim Hochtemperaturschneiden und erfüllt damit die Anforderungen der Luftfahrtfertigung.

Gasturbine

WC10Ni5Nb (Oxidationsgewichtszunahme 0,3 mg/cm² , Fehler ±0,05 mg/ cm²) hat eine Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden) in einer Hochtemperatur-Gasumgebung und gewährleistet so einen effizienten Betrieb.

Hochtemperaturform

TiC15Ni5Mo (Bruchfestigkeit 8 MPa·$m^{1/2}$, Fehler ±0,5) hat eine Lebensdauer von mehr als dem 10^5-fachen (Fehler ±10^4-fach) beim Warmpressen und ist für die Hochtemperaturverarbeitung geeignet.
Diese Anwendungen demonstrieren die Zuverlässigkeit und den praktischen Wert von Hochtemperatur-Hartmetall in extremen thermischen Umgebungen und bieten eine effiziente Materialunterstützung für die Luft- und Raumfahrt- sowie Energieindustrie.

10.4.4.2 Hochtemperatur-Hartmetallanwendungen: Luft- und Raumfahrt- und Energiekomponenten

Hochtemperatur-Hartmetall – Grundlagen und technischer Überblick zu Komponenten für die Luft- und Raumfahrt sowie Energie

Hochtemperatur-Hartmetall wird aufgrund seiner hervorragenden Oxidationsbeständigkeit (> 1000 °C, Fehler ± 10 °C, Oxidationsgewichtszunahme < 0,5 mg/cm², Fehler ± 0,05 mg/cm²) häufig in der Luft- und Raumfahrt (Werkzeuge, Turbinenschaufeln, Lebensdauer > 5000 Stunden, Fehler ± 500 Stunden) und bei Energiekomponenten (Gasturbinen, Kernkraftkomponenten, Lebensdauer > 10^4 Stunden, Fehler ± 10^3 Stunden) verwendet. Das Material basiert auf TiC oder WC, mit einem Mo/Nb-Gehalt von 2–5 % (Fehler ± 0,1 %) zur Bildung einer Härtungsphase, einer kontrollierten Korngröße von 1–2 μm (Fehler ± 0,01 μm) und einem Härtebereich von 1800–2000 HV (Fehler ±

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

50). Diese Eigenschaften ermöglichen einen stabilen und langen Betrieb unter hohen Temperaturen und hoher Belastung und machen es zu einem unverzichtbaren Material für die Luft- und Raumfahrtindustrie sowie die Energiebranche.

Zu den Testmethoden gehören ein Hochtemperatur-Oxidationstest (ASTM E1876, Temperatur 1000 °C, Fehler ±10 °C), ein Ermüdungsleistungstest (ASTM E466, Genauigkeit $\pm 10^4$ -fach) und ein Verschleißtest (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 $mm^3/N \cdot m$). Beispielsweise hat TiC20Ni5Mo (Korn 1 μm , Fehler ±0,01 μm) eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) in der Anwendung in Luftfahrtwerkzeugen und demonstriert damit sein Potenzial in Szenarien mit hohen Leistungsanforderungen.

Mechanismus und Analyse von Hochtemperatur-Hartmetallkomponenten für die Luft- und Raumfahrt sowie den Energiesektor

Die thermische Stabilität von TiC und WC (Zersetzungstemperatur > 2000 °C, Fehler ± 50 °C) in Kombination mit der Mo_2 C/ NbC -Verfestigungsphase (Härte > HV 1500, Fehler ± 50) gewährleistet die Oxidationsbeständigkeit des Materials (Oxidationsgewichtszunahme 0,3 mg/cm^2 , Fehler ± 0,05 mg/cm^2) . Ni (Gehalt 20 %, Fehler ± 1 %) bietet Bruchfestigkeit durch plastische Verformung (Bruchfestigkeit 8 $MPa \cdot m^{1/2}$, Fehler ± 0,5) und verhindert so wirksam thermische Risse bei hohen Temperaturen (Rissbreite < 0,01 mm, Fehler ± 0,001 mm). Die SEM-Analyse zeigt, dass die Oberfläche von TiC20Ni5Mo nach der Hochtemperaturoxidation dicht bleibt (Oberflächenrauheit Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm), und die XPS-Spektroskopie bestätigt die Bildung von TiO_2 (Ti2p beträgt etwa 459 eV, Fehler ± 0,1 eV). Die Ergebnisse des Ermüdungstests zeigen, dass die Legierung eine Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Fehler ± 10^3 Stunden) aufweist, was deutlich besser ist als bei WC10Co (Lebensdauer 5×10^3 Stunden, Fehler ± 500 Stunden).

Analyse der Faktoren, die die Anwendung von Hochtemperatur-Hartmetallkomponenten für die Luft- und Raumfahrt sowie den Energiebereich beeinflussen.

Der Anwendungseffekt wird durch eine Kombination von Faktoren beeinflusst:

Mo/Nb-Gehalt

Die Leistung ist am besten, wenn der Mo/Nb-Gehalt 5 % beträgt (Fehler ±0,1 %). Übersteigt er 10 % (Fehler ±0,1 %), verringert sich die Bruchfestigkeit um 15 % (Fehler ±3 %), was auf eine übermäßige Verstärkungsphase zurückzuführen sein kann.

Körnung

Eine Korngröße von 1-2 μm (Fehler ±0,01 μm) verlängert die Lebensdauer, über 5 μm (Fehler ±0,01 μm) erhöht sich die Oxidationsgewichtszunahme um 15 % (Fehler ±3 %).

Oberflächenrauheit

von Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) erhöht sich die Lebensdauer um 10 % (Fehler ± 2 %), bei einer Rauheit von > 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) erhöht sich die Oxidationsrate um 15 % (Fehler ±

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

3 %).

Betriebstemperatur

Bei >1200 °C (±10 °C) nahm die oxidative Gewichtszunahme um 20 % (±3 %) zu und der antioxidative Schutz musste optimiert werden.

Ladebedingungen

Hochfrequente Vibrationen (> 10 Hz, ±1 Hz Toleranz), eine höhere Bruchfestigkeit ist erforderlich, um Ermüdungsschäden zu widerstehen.

Beispielsweise sinkt die Lebensdauer von TiC20Ni10Mo (Korngröße 5 μm , Fehler ±0,01 μm) bei hohen Temperaturen auf 3000 Stunden (Fehler ±500 Stunden), was auf den erheblichen Einfluss der Korngröße und des Mo-Gehalts auf die Leistung hinweist.

Die Optimierungsstrategie für Hochtemperatur-Hartmetallkomponenten für die Luft- und Raumfahrt sowie den Energiesektor

zielt auf eine Lebensdauer von >5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und eine Oxidationsgewichtszunahme von <0,5 mg/cm² (Fehler ±0,05 mg/cm²) ab . Folgende Optimierungsstrategien werden empfohlen:

Zutatenoptimierung

Der Mo/Nb-Gehalt wird auf 2–5 % (Fehler ± 0,1 %) und der Ni-Gehalt auf 15–20 % (Fehler ± 1 %) kontrolliert, um die Oxidationsbeständigkeit und Bruchfestigkeit zu verbessern.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wurde bei 1–2 μm (Fehler ±0,01 μm) gehalten und die Mikrostruktur durch VC-Inhibitor (0,2 %, Fehler ±0,01 %) optimiert.

Oberflächenoptimierung

Durch Präzisionspolieren wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert und die Oxidationsrate um 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert.

Sinterprozess

Das Sintern wurde bei einer Sintertemperatur von 1500 °C (Fehler ±10 °C) und einem Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa) durchgeführt, wodurch eine Dichte von >99,5 % (Fehler ±0,1 %) gewährleistet wurde.

Testspezifikationen

ASTM E1876 wird zum Testen der Oxidationsleistung bei hohen Temperaturen verwendet und ASTM E466 wird zum Testen der Ermüdungsleistung verwendet, um sicherzustellen, dass die Leistung den Standards entspricht.

Beispielsweise überschritt die Lebensdauer von TiC20Ni5Mo (Oberflächenrauheit Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm) nach der Optimierung 5000 Stunden (Fehler ± 500 Stunden), was die

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

Wirksamkeit der Strategie bestätigt.

Hochtemperatur-Hartmetall. Luft- und Raumfahrt- und Energiekomponenten. Technische Anwendungen.

Hochtemperatur-Hartmetall eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Hochtemperatur-Hartmetall-Flugzeugwerkzeuge

TiC20Ni5Mo (Härte HV 1900, Fehler ±50) hat eine Lebensdauer von mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) beim Hochtemperaturschneiden und erfüllt die Hochpräzisionsanforderungen der Luftfahrtfertigung.

Hochtemperatur-Hartmetall-Gasturbinenschaufeln

WC10Ni5Nb (Oxidationsgewichtszunahme 0,3 mg/cm² , Fehler ±0,05 mg/cm²) hat eine Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden) in einer Hochtemperatur-Gasumgebung und gewährleistet so eine effiziente Stromerzeugung.

Hochtemperatur-Hartmetallkomponenten für Kernkraftwerke

TiC15Ni5Mo (Bruchfestigkeit 8 MPa·$m^{1/2}$, Fehler ±0,5) hält hohen Temperaturen in Kernreaktoren stand und hat eine Lebensdauer von mehr als 10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden), was einen sicheren Betrieb gewährleistet.

Diese Anwendungen demonstrieren die hervorragende Leistung von Hochtemperatur-Hartmetall in der Luft- und Raumfahrt sowie im Energiebereich und bieten zuverlässige Materiallösungen für extreme thermische Umgebungen.

10.4.5 Multifunktionales Hartmetall

μΩ ·cm , Fehler ±0,1 μΩ·cm), katalytischen Leistung (Methanoloxidationsreaktionsstrom >450 mA /cm² , Fehler ±10 mA/cm²) und guten mechanischen Eigenschaften (Härte HV 1500-1800, Fehler ±30) häufig in der Elektronik (Elektrodenlebensdauer >10^4 Stunden, Fehler ±10^3 Stunden) und in Brennstoffzellen (katalytische Effizienz >90 %, Fehler ±2 %) verwendet. Das Material basiert hauptsächlich auf WC, wobei Co/Ni (Gehalt 6–10 %, Fehler ±1 %) zur Verbesserung der Leitfähigkeit und katalytischen Aktivität hinzugefügt wird und die Korngröße genau auf 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) eingestellt ist. Durch den Sinterprozess bei 1450 °C (Fehler ±10 °C) erreichen diese Legierungen eine hohe Dichte und eine gleichmäßige Mikrostruktur und erfüllen so die Anforderungen multifunktionaler Anwendungen.

Dieser Abschnitt beginnt mit den beiden Aspekten Leitfähigkeit und katalytische Leistung sowie Anwendung und kombiniert Mechanismusanalyse, Diskussion von Einflussfaktoren und Optimierungsstrategien, um die technischen Eigenschaften und den technischen Anwendungswert eingehend zu analysieren.

10.4.5.1 Elektrische Leitfähigkeit und katalytische Eigenschaften

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

Grundlagen und TechnologieübersichtMultifunktional

Hartmetall ist auf hervorragende elektrische Leitfähigkeit (spezifischer Widerstand <12 μΩ·cm , Fehler ±0,1 μΩ·cm) und katalytische Leistung (Methanoloxidationsreaktionsstrom >450 mA/cm² , Fehler ±10 mA/cm²) ausgelegt , während gleichzeitig eine hohe Härte (HV 1500-1800, Fehler ±30) und moderate Bruchfestigkeit (Bruchfestigkeit 8-10 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) erhalten bleiben. Das Material basiert auf WC (Gehalt >80 %, Fehler ±1 %), das für die wichtigsten mechanischen Eigenschaften sorgt, während Co/Ni (Gehalt 6-10 %, Fehler ±1 %) die elektrische Leitfähigkeit und katalytische Aktivität deutlich verbessert. Die Korngröße wird auf 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert und durch einen Sinterprozess bei 1450 °C (Fehler ±10 °C) hergestellt, wodurch die mikrostrukturelle Gleichmäßigkeit und Leistungsstabilität des Materials sichergestellt wird.

Die Testmethoden umfassen die Messung des spezifischen Widerstands (Vier-Sonden-Methode, Genauigkeit ±0,1 μΩ·cm), den Test der elektrokatalytischen Leistung (Methanoloxidationsreaktion, 0,1 M Methanol, Genauigkeit ±10 mA/cm²) und den Härtetest (ASTM E92, Belastung 10 kg, Fehler ±0,1 kg). Beispielsweise weist WC8Ni (Korn 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm) einen spezifischen Widerstand von 10 μΩ·cm (Fehler ±0,1 μΩ·cm) und einen Methanoloxidationsreaktionsstrom von 500 mA/cm² (Fehler ±10 mA/cm²) auf, was seine multifunktionale Leistung bestätigt.

Mechanismus und Analyse von multifunktionalem Hartmetall

Die hohe Leitfähigkeit von Ni/Co (spezifischer Widerstand 7 μΩ·cm , Fehler ±0,1 μΩ·cm) reduziert den spezifischen Widerstand des Gesamtmaterials effektiv auf 10 μΩ·cm (Fehler ±0,1 μΩ·cm). Die katalytische Aktivität von WC (Oberflächenenergie 1 J/m² , Fehler ±0,1 J/m²) und der synergistische Effekt von Ni fördern die Methanoloxidationsreaktion erheblich und der Strom erreicht 500 mA/cm² (Fehler ±10 mA/cm²) . Die Härte HV 1600 (Fehler ±30) wird hauptsächlich durch feine Körner (0,5 μm , Fehler ±0,01 μm) gewährleistet, und die Bruchfestigkeit von 8 MPa·m¹ /² (Fehler ±0,5) ist auf die plastische Verformbarkeit von Ni/Co zurückzuführen. Die SEM-Analyse zeigt, dass die Kornverteilung von WC8Ni sehr gleichmäßig ist (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %), und die Ni-Phase ein kontinuierliches Netzwerk bildet (Bedeckung >95 %, Fehler ±2 %), wodurch die Leitfähigkeit und die katalytische Leistung optimiert werden. EDS-Tests bestätigten die Gleichmäßigkeit der Ni-Verteilung (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %). Elektrokatalytische Leistungstests zeigen, dass der Reaktionsstrom bei der Methanoloxidation von WC8Ni (500 mA/cm² , Fehler ±10 mA/cm²) deutlich besser ist als der von WC8Co (400 mA/cm² , Fehler ±10 mA/ cm²) .

Die Analyse der Faktoren, die die Leistung multifunktionaler Hartmetallmaterialien beeinflussen,

wird durch eine Kombination von Faktoren beeinflusst:

Ni/Co-Gehalt

Die Leitfähigkeit ist am besten, wenn der Ni/Co-Gehalt 8 % beträgt (Fehler ±1 %). Übersteigt er 12 % (Fehler ±1 %), verringert sich die Härte um etwa 10 % (Fehler ±2 %), was auf eine Erweichung durch eine übermäßige Bindephase zurückzuführen sein kann.

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

Körnung

Die katalytische Leistung ist am besten, wenn die Korngröße 0,5–1 μm beträgt (Fehler ±0,01 μm); wenn sie 2 μm überschreitet (Fehler ±0,01 μm), verringert sich der Reaktionsstrom der Methanoloxidation um 15 % (Fehler ±3 %), was mit der Verringerung der Oberflächenaktivität zusammenhängt.

Oberflächenbehandlung

Wenn die Oberflächenrauheit Ra weniger als 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) beträgt, erhöht sich die katalytische Effizienz um 10 % (Fehler ± 2 %); wenn die Rauheit größer als 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) ist, erhöht sich der spezifische Widerstand um 10 % (Fehler ± 2 %).

Elektrolytbedingungen

In einer 0,1 M Methanollösung ist der Strom der Methanoloxidationsreaktion hoch; bei einem pH-Wert < 2 (Fehler ± 0,1) sinkt der Strom um 20 % (Fehler ± 3 %).

Ladebedingungen

Die Elektrode arbeitet mit einer Stromdichte von >1 A/cm² (Fehler ±0,1 A/cm²) , zur Unterstützung der Leistung ist eine höhere Leitfähigkeit erforderlich.

Beispielsweise sinkt der Strom von WC12Ni (2 μm Körner, ±0,01 μm Fehler) bei der Methanoloxidationsreaktion auf 400 mA/cm² (± 10 mA/cm² Fehler) , was auf den erheblichen Einfluss der Korngröße auf die katalytische Leistung hinweist.

Um einen spezifischen Widerstand von <12 μΩ·cm (Fehler ±0,1 μΩ·cm) und einen Methanoloxidationsreaktionsstrom von >450 mA/cm² (Fehler ±10 mA/cm²) zu erreichen , werden die folgenden **Optimierungsstrategien**
empfohlen:

Zutatenoptimierung

Der Ni/Co-Gehalt wird auf 6–10 % (Fehler ± 1 %) kontrolliert und der WC-Gehalt wird bei > 80 % (Fehler ± 1 %) gehalten, um die Leitfähigkeit sowie die katalytischen und mechanischen Eigenschaften auszugleichen.

Getreidekontrolle

Die Korngröße wurde bei 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) gehalten und das Kornwachstum durch Zugabe eines VC-Inhibitors (0,2 %, Fehler ±0,01 %) verhindert.

Oberflächenoptimierung

Mithilfe einer Präzisionspoliertechnologie wird die Oberflächenrauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert, wodurch die katalytische Effizienz um 10 % (Fehler ± 2 %) verbessert wird.

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

Sinterprozess

bei einer Sintertemperatur von 1450 °C (Fehler ±10 °C) und einem Druck von 50 MPa (Fehler ±1 MPa), um eine Dichte von >99,5 % (Fehler ±0,1 %) zu gewährleisten und so die elektrische Leitfähigkeit und die strukturelle Stabilität zu verbessern.

Testspezifikationen

Der spezifische Widerstand wurde mit der Vier-Sonden-Methode getestet und die katalytische Leistung wurde mit dem Methanoloxidationsreaktionstest bewertet.

erreichte der spezifische Widerstand von WC8Ni (Korngröße 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm) nach der Optimierung 10 μΩ·cm (Fehler ±0,1 μΩ·cm) und der Strom der Methanoloxidationsreaktion erreichte 500 mA/cm² (Fehler ±10 mA/cm²) , was die Wirksamkeit der Strategie bestätigte.

Technische Anwendungen für multifunktionales Hartmetall

Multifunktionales Hartmetall eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Multifunktionale Hartmetall-Brennstoffzellenelektroden

WC8Ni (Methanoloxidationsreaktionsstrom 500 mA/cm² , Fehler ±10 mA/cm²) hat eine katalytische Effizienz von über 90 % (Fehler ±2 %) in Brennstoffzellen und unterstützt so eine effiziente Energieumwandlung.

Multifunktionale Hartmetall-Elektronikkontakte

⁴ Stunden (Fehler ±10 ³ Stunden) in elektronischen Geräten, wodurch ein langfristig stabiler Betrieb gewährleistet wird.

Multifunktionaler Hartmetall-Katalysatorträger

WC8Ni (Härte HV 1600, Toleranz ±30) hat eine Effizienz von über 90 % (Fehler ±2 %) bei katalytischen Reaktionen und eine Lebensdauer von über 10 ⁴ Stunden (Fehler ±10 ³ Stunden) und erfüllt damit die industriellen Anforderungen.

Diese Anwendungen demonstrieren die Zuverlässigkeit und Praktikabilität von multifunktionalem Hartmetall in den Bereichen Elektronik und Katalyse und bieten eine effiziente multifunktionale Materialunterstützung für verwandte Branchen.

10.5 Klassifizierung nach Herstellungsverfahren

Der Herstellungsprozess von Hartmetall wirkt sich direkt auf seine Mikrostruktur (Korngröße 0,2–10 μm , Fehler ± 0,01 μm), seine Leistung (Härte HV 800–2500, Fehler ± 30, Bruchfestigkeit 8–25 MPa·m¹ / ², Fehler ± 0,5) und seinen Anwendungsbereich (Lebensdauer > 10 Stunden, Fehler ± 1 Stunde bis > 10⁶-fach, Fehler ± 10⁵-fach) aus. Die Prozessauswahl basiert auf der chemischen Zusammensetzung (WC, TiC , Co, Ni usw.), den Pulvereigenschaften (Partikelgröße 0,1–5 μm , Fehler ± 0,01 μm) und der Zielleistung, die durch Rasterelektronenmikroskopie (Auflösung < 0,1 μm , Fehler ± 0,01 μm), Röntgenbeugung (Genauigkeit ± 0,01 μm) und Leistungstests (ASTM E92, G65) überprüft wird.

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

Die Kategorien umfassen konventionelles Sintern (Dichte > 99 %, Fehler ± 0,1 %), heißisostatisches Pressen (Porosität < 0,1 %, Fehler ± 0,01 %), Beschichtungsverfahren (Verschleißfestigkeit um 30 % – 50 % verbessert, Fehler ± 5 %) und additive Fertigung (Formfreiheit > 95 %, Fehler ± 2 %), die jeweils die unterschiedlichen Anforderungen an Schneiden, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und hohe Temperaturen erfüllen.

In diesem Abschnitt werden die Prozesseigenschaften und Anwendungen unter vier Gesichtspunkten analysiert: konventionell gesintertes Hartmetall, heißisostatisch gepresstes (HIP) Hartmetall, beschichtetes Hartmetall und additiv hergestelltes Hartmetall.

10.5.1 Konventionelles gesintertes Hartmetall

Herkömmliches gesintertes Hartmetall wird pulvermetallurgisch hergestellt. Dabei werden Pulver (WC, Co usw., Partikelgröße 0,5–2 μm , Fehler ±0,01 μm), Pulver (Druck 100–300 MPa, Fehler ±1 MPa) und Pulver (1350–1500 °C, Fehler ±10 °C) gemischt, um eine dichte Struktur zu bilden. Es wird häufig für Schneidwerkzeuge (Standzeit > 10 Stunden, Fehler ±1 Stunde), Formen (> 10^6-fach, Fehler ±10^5-fach) und verschleißfeste Teile (Verschleißrate <0,06 $mm^3/N·m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) verwendet. Das Verfahren ist ausgereift und die Produktionskosten niedrig (<50 Yuan/kg, Fehler ±5 Yuan/kg).
In diesem Abschnitt werden die technischen Eigenschaften unter zwei Gesichtspunkten analysiert: Vakuumsintern und Leistungsmerkmale.

10.5.1.1 Vakuumsintern (1350-1500°C)

Grundprinzipien und technischer Überblick
Das Vakuumsintern wird bei 1350–1500 °C (Fehler ±10 °C) und einem Vakuumgrad von <10^{-2} Pa (Fehler ±0,01 Pa) durchgeführt. Pulver (WC-Gehalt 80–95 %, Fehler ±1 %, Co-Gehalt 5–15 %, Fehler ±1 %) wird verwendet, um durch Flüssigphasensintern eine dichte Struktur (Dichte >99 %, Fehler ±0,1 %) zu bilden (Co-Schmelzpunkt ~1350 °C, Fehler ±10 °C). Der Prozess optimiert die Materialreinheit durch Entfernen von Gasen und flüchtigen Verunreinigungen (Sauerstoffgehalt <0,05 %, Fehler ±0,01 %), und die Korngröße wird auf 0,5–2 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert, die Härte erreicht HV 1600–2000 (Fehler ±30) und die Bruchfestigkeit erreicht 10–15 $MPa·m^{1/2}$ (Fehler ±0,5).

Zur Ausstattung gehört ein Vakuumofen (Leistung 100–500 kW, Fehler ±10 kW), und die Prüfmethoden umfassen Dichtemessung (ISO 3369, Genauigkeit ±0,01 g/cm^3) , Härteprüfung (ASTM E92, Last 10 kg, Fehler ±0,1 kg) und Mikrostrukturanalyse (Rasterelektronenmikroskop, Auflösung <0,1 μm , Fehler ±0,01 μm). Beispielsweise hat bei 1450 °C (Fehler ±10 °C) gesintertes YG6 (WC6Co) eine Dichte von 14,9 g/cm^3 (Fehler ±0,01 g/cm^3) und eine Härte von HV 2000 (Fehler ±30).

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

Mechanismusanalyse

Während des Flüssigphasensinterprozesses benetzt Co WC (Kontaktwinkel <10°, Fehler ±1°) in flüssiger Form (Viskosität 0,01 Pa·s , Fehler ±0,001 Pa·s), fördert die Partikelneuanordnung (Dichtezunahme >20 %, Fehler ±2 %) und Diffusion (Diffusionskoeffizient 10^{-8} cm^2 /s, Fehler $\pm10^{-9}$ cm^2 /s) und bildet eine WCCo- Grenzfläche (Bindungsstärke >100 MPa, Fehler ±10 MPa). Die Vakuumumgebung verringert die Oxidation (Sauerstoffgehalt <0,01 %, Fehler ±0,001 %), während die Zugabe von VC (0,2 %, Fehler ±0,01 %) das Kornwachstum hemmt und die Korngröße bei 0,5-1 µm hält (Fehler ±0,01 µm). Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass die YG6-Körner gleichmäßig verteilt sind (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %) und die Co-Phase kontinuierlich verteilt ist (Bedeckung >95 %, Fehler ±2 %). Röntgenbeugung bestätigte das Vorhandensein einer WC-Phase (2θ ca. 35,6°, Fehler ±0,1°) und das Fehlen einer η-Phase (Kohlenstoff/Wolfram-Verhältnis <1,0, Fehler ±0,1). Leistungstests zeigten, dass die Verschleißrate von YG6 nur 0,05 mm^3/N·m (Fehler ±0,01 mm^3/N·m) betrug, was besser war als die beim atmosphärischen Sintern (0,08 mm^3/N·m, Fehler ±0,01 mm^3/N·m).

Analyse der Einflussfaktoren

Die Leistung wird von vielen Faktoren beeinflusst:

Sintertemperatur

Bei 1450 °C (Fehler ±10 °C) beträgt die Dichte >99 % (Fehler ±0,1 %), übersteige sie 1500 °C (Fehler ±10 °C), wachsen die Körner und die Härte nimmt um 10 % ab (Fehler ±2 %).

Co-Inhalt

Die beste Bruchfestigkeit liegt bei 6–10 % (Fehler ± 1 %). Übersteigt sie 15 % (Fehler ± 1 %), verringert sich die Härte um 15 % (Fehler ± 3 %).

Körnung

µm (Fehler ±0,01 µm) ist die Verschleißfestigkeit hoch ; übersteigt sie 2 µm (Fehler ±0,01 µm), erhöht sich die Verschleißrate um 15 % (Fehler ±3 %).

Vakuumgrad

$<10^{-2}$ Pa (Fehler ±0,01 Pa) gibt es weniger Verunreinigungen, wenn $>10^{-1}$ Pa (Fehler ±0,01 Pa) erhöht sich die Porosität um 10 % (Fehler ±2 %).

Isolationszeit

Nach 1–2 Stunden (Fehler ± 0,1 Stunden) ist die Struktur gleichmäßig, bei mehr als 3 Stunden (Fehler ± 0,1 Stunden) nimmt die Korngröße um 10 % zu (Fehler ± 2 %).

Beispielsweise wächst die Korngröße von YG8 (1450 °C, Fehler ± 10 °C, Co 8 %, Fehler ± 1 %) auf 2 µm (Fehler ± 0,01 µm) und die Härte verringert sich auf HV 1900 (Fehler ± 30).

Die Optimierungsstrategie

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

besteht darin, eine Dichte > 99 % (Fehler ± 0,1 %) und eine Härte > HV 1900 (Fehler ± 30) zu erreichen. Es wird empfohlen:
Temperaturkontrolle: Halten Sie die Temperatur bei 1450 °C (±10 °C), um eine übermäßige Korngröße zu vermeiden.
Co-Optimierung: Der Gehalt wird auf 6–10 % (Fehler ± 1 %) kontrolliert, um Härte und Bruchfestigkeit auszugleichen.
Kornkontrolle: Durch Zugabe von VC (0,2 %, Fehler ±0,01 %) wird die Korngröße bei 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) gehalten.
Vakuumgrad: $<10^{-2}$ Pa (Fehler ±0,01 Pa), wodurch die Porosität verringert wird.
Prüfspezifikationen: ISO 3369 (Dichte), ASTM E92 (Härte).
Beispielsweise hat YG6 (1450 °C, Fehler ± 10 °C, VC 0,2 %, Fehler ± 0,01 %) eine Dichte von 14,9 g/cm³ (Fehler ± 0,01 g/cm³) und eine Härte von HV 2000 (Fehler ± 30).

Technische Anwendungen
Vakuumgesintertes Hartmetall eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Schneidwerkzeuge
YG6 (Härte HV 2000, Fehler ±30) Lebensdauer >10 Stunden (Fehler ±1 Stunde).

Stanzform
YG8 (Bruchfestigkeit 12 MPa·m¹ / ², Fehler ±0,5) Lebensdauer > 10^6-fach (Fehler ±10^5-fach).

Verschleißfeste Teile
YG6 (Verschleißrate 0,05 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) Lebensdauer >10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden) . Diese Anwendungen zeigen, dass Vakuumsintern allgemeine Hochleistungsanforderungen erfüllt .

10.5.1.2 Leistungsmerkmale: Dichte > 99 %

Grundprinzipien und technischer Überblick
Herkömmliches gesintertes Hartmetall hat eine Dichte von >99 % (Fehler ±0,1 %), eine theoretische Dichte von 14,5–15,0 g/cm³ (Fehler ±0,01 g/cm³), eine Porosität von <0,5 % (Fehler ±0,1 %), eine Härte von HV 1600–2000 (Fehler ±30) und eine Bruchfestigkeit von 10–15 MPa·m² (Fehler ±0,5), sodass es für Umgebungen mit hoher Belastung (>100 MPa, Fehler ±10 MPa) und hoher Reibung (Reibungskoeffizient <0,5, Fehler ±0,05) geeignet ist. Die Korngröße beträgt 0,5–2 μm (Fehler ±0,01 μm) und der Co-Gehalt 6–15 % (Fehler ±1 %).

Die Tests umfassen Dichtemessung (ISO 3369, Genauigkeit ±0,01 g/cm³) , Porositätsanalyse (ISO 4505, Genauigkeit ±0,01 %) und Leistungstests (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³/N·m). Beispielsweise beträgt die Dichte von YG6 (WC6Co) 14,9 g/cm³ (Fehler ±0,01 g/cm³) , die Porosität 0,3 % (Fehler ±0,05 %) und die Härte HV 2000 (Fehler ±30).

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

Eine hohe Dichte wird durch Flüssigphasensintern (Co-Volumenanteil > 10 %, Fehler ± 1 %), Partikelumlagerung (Dichtezunahme > 20 %, Fehler ± 2 %) und Porenfüllung (Porosität < 0,5 %, Fehler ± 0,1 %) zur Optimierung der Struktur erreicht. Die WCCo- Grenzfläche (Bindungsenergie ~ 100 kJ/mol, Fehler ± 10 kJ/mol) gewährleistet eine Härte von HV 2000 (Fehler ± 30), und das Co-Netzwerk (Bedeckung > 95 %, Fehler ± 2 %) bietet eine Bruchfestigkeit von 10 MPa·m$^{1/2}$ (Fehler ± 0,5). Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass die Porengröße von YG6 < 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) beträgt und die Verteilung gleichmäßig ist (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Die energiedispersive Spektroskopie bestätigt die gleichmäßige Verteilung von Co (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %).

Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von YG6 nur 0,05 mm³/N·m beträgt (Fehler ±0,01 mm³/N·m), was besser ist als bei geringer Dichte (<98 %, Fehler ±0,1 %, Verschleißrate 0,08 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m).

Analyse der Einflussfaktoren

Die Leistung wird von vielen Faktoren beeinflusst:

Dichte

Wenn der Fehler >99 % (Fehler ±0,1 %) ist, ist die Verschleißfestigkeit ausgezeichnet, wenn er <98 % (Fehler ±0,1 %) ist, erhöht sich die Verschleißrate um 20 % (Fehler ±3 %).

Körnung

Bei einem Durchmesser von 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) ist die Härte hoch, bei einem Durchmesser von >2 μm (Fehler ±0,01 μm) verringert sich die Härte um 10 % (Fehler ±2 %).

Co-Inhalt

Bei einem Wert zwischen 6 % und 10 % (Fehler ±1 %) ist die Leistung ausgeglichen, bei einem Wert >15 % (Fehler ±1 %) steigt die Bruchfestigkeit, die Härte nimmt jedoch um 15 % (Fehler ±3 %) ab.

Sintertemperatur

Bei 1450 °C ist die Porosität gering (Fehler ±10 °C), bei >1500 °C (Fehler ±10 °C) erhöht sich die Porosität um 10 % (Fehler ±2 %).

Pulverpartikelgröße

Bei einem Durchmesser von 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) ist die Dichte hoch, bei einem Durchmesser von >2 μm (Fehler ±0,01 μm) erhöht sich die Porosität um 15 % (Fehler ±3 %). Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate von YG8 (Dichte 98 %, Fehler ±0,1 %) auf 0,07 mm³ / N · m (Fehler ±0,01 mm³ / N · m).

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Dichte > 99 % (Fehler ± 0,1 %) und eine Härte > HV 1900 (Fehler ± 30) zu

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

erreichen. Es wird empfohlen:
Pulveroptimierung: Partikelgröße 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm), Reinheit > 99,9 % (Fehler ± 0,01 %).
Co-Optimierung: Inhalt 6 % – 10 % (Fehler ± 1 %), ausgewogene Leistung.
Sinterparameter: 1450 °C (Fehler ± 10 °C), 1–2 Stunden warm halten (Fehler ± 0,1 Stunde).
Kornkontrolle: Durch Zugabe von VC (0,2 %, Fehler ±0,01 %) wird die Korngröße bei 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) gehalten.
Prüfspezifikationen: ISO 3369 (Dichte), ASTM G65 (Abrieb).
die Verschleißrate von YG6 (Dichte 14,9 g/ cm^3, Fehler ±0,01 g/cm^3) beträgt 0,05 mm^3/N·m (Fehler ±0,01 mm^3/N·m).

Technische Anwendungen:
Hartmetall mit hoher Dichte eignet sich gut für die folgenden Szenarien:
Schneidwerkzeug: YG6 (Dichte 14,9 g/ cm^3, Fehler ±0,01 g/cm^3) , Lebensdauer >10 Stunden (Fehler ±1 Stunde).
Form : YG8 (Härte HV 1900, Fehler ±30) Lebensdauer > 10^6-mal (Fehler ±10^5-mal).
Dichtungen: YG6 (Verschleißrate 0,05 mm^3/N·m, Fehler ±0,01 mm^3/N·m) Lebensdauer >10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden) . Diese Anwendungen zeigen, dass eine hohe Dichte hohe Leistungsanforderungen erfüllt.

1 0.5.2 Heißisostatisches Pressen (HIP) von Hartmetall
Durch heißisostatisches Pressen (HIP) von Hartmetall wird Porosität (Porosität <0,1 %, Fehler ±0,01 %) erfolgreich eliminiert und die Festigkeit (>2000 MPa, Fehler ±50 MPa) sowie Zuverlässigkeit (Ermüdungslebensdauer >10^6-fach, Fehler ±10^5-fach) durch Hochtemperatur- (1300-1500°C, Fehler ±10°C) und Hochdruckbehandlung (100-200 MPa, Fehler ±1 MPa) deutlich verbessert. Dieses Verfahren eignet sich besonders für hochzuverlässige Werkzeuge, wie z. B. für die Luftfahrt (Lebensdauer >5000 Stunden, Fehler ±500 Stunden) und verschleißfeste Teile (Verschleißrate <0,04 mm^3/N·m, Fehler ±0,01 mm^3/N·m). Aufgrund der Komplexität des Prozesses sind die Produktionskosten jedoch relativ hoch (> 100 Yuan/kg, Fehler ± 10 Yuan/kg).
In diesem Abschnitt werden die technischen Eigenschaften und der technische Wert unter den beiden Aspekten Prozessvorteile und Anwendungen analysiert.

10.5.2.1 Verfahrensvorteile: Porosität <0,1 %

Grundlegende Prinzipien und technischer Überblick
Beim Heißisostatischen Pressen (HIP) wird der vorgesinterte Körper (Dichte > 95 %, Fehler ± 0,1 %) in einer Argonumgebung (Druck 100–200 MPa, Fehler ± 1 MPa, Temperatur 1300–1500 °C, Fehler ± 10 °C) behandelt und Pulver (WC-Gehalt 85–95 %, Fehler ± 1 %, Co-Gehalt 5–10 %, Fehler ± 1 %) verwendet, um eine dichte Struktur mit einer Porosität von weniger als 0,1 % (Fehler ± 0,01 %) herzustellen. Die Materialhärte erreicht HV 1800–2200 (Fehler ±30), die Bruchfestigkeit beträgt 12–15 $MPa·m^{1/2}$ (Fehler ±0,5) und die Korngröße wird auf 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm) kontrolliert.

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

Bei der Anlage handelt es sich um einen HIP-Ofen (Volumen 0,1–1 m^3 , Fehler ±0,01 m^3) , und die Prüfmethoden umfassen Porositätsmessung (ISO 4505, Genauigkeit ±0,01 %), Festigkeitsprüfung (ISO 3327, Genauigkeit ±10 MPa) und Mikrostrukturanalyse (Rasterelektronenmikroskop, Auflösung <0,1 μm , Fehler ±0,01 μm). Beispielsweise beträgt die Porosität von YG6HIP (WC6Co) nur 0,05 % (Fehler ±0,01 %) und die Härte beträgt HV 2100 (Fehler ±30).

Mechanismus und Analyse

Hoher Druck (100 MPa, Fehler ±1 MPa) bewirkt den Porenverschluss (Porengröße <0,05 μm , Fehler ±0,01 μm), und hohe Temperaturen (1400 °C, Fehler ±10 °C) fördern die atomare Diffusion (Diffusionskoeffizient liegt bei etwa 10^{-7} cm^2/s, Fehler ±10^{-8} cm^2/s), wodurch eine Struktur nahe der theoretischen Dichte (>99,9 %, Fehler ±0,01 %) erreicht wird. Die WCCo- Grenzfläche (Bindungsstärke >150 MPa, Fehler ±10 MPa) erhöht die Materialfestigkeit deutlich (>2000 MPa, Fehler ±50 MPa). Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass YG6HIP nur wenige Poren aufweist (Dichte < 10^4 cm^{-2} , Fehler ± 10^3 cm^{-2}) und die Körner gleichmäßig sind (0,5 μm , Fehler ± 0,01 μm , Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Energiedispersionsspektroskopie bestätigte die gleichmäßige Verteilung von Co (Abweichung < 0,1 %, Fehler ± 0,02 %). Ermüdungstests zeigten eine Lebensdauer von über 10^6 (Fehler ± 10^5), was deutlich besser ist als beim konventionellen Sintern ($5×10^5$, Fehler ± $5×10^4$).

Analyse der Einflussfaktoren

Die Leistung wird von vielen Faktoren beeinflusst:

Druck

Bei 100-150 MPa (Fehler ±1 MPa) liegt die Porosität bei <0,1 % (Fehler ±0,01 %), bei weniger als 50 MPa (Fehler ±1 MPa) erhöht sich die Porosität um 20 % (Fehler ±3 %).

Temperatur

Bei 1400 °C ist die Dichte am höchsten (Fehler ±10 °C), übersteigt sie 1500 °C (Fehler ±10 °C), wachsen die Körner und die Härte nimmt um 10 % ab (Fehler ±2 %).

Co-Inhalt

Die Bruchfestigkeit ist am besten, wenn sie 6–10 % (Fehler ± 1 %) beträgt; wenn sie 15 % (Fehler ± 1 %) übersteigt, verringert sich die Festigkeit um 15 % (Fehler ± 3 %).

Vorgesinterter Körper

Der HIP-Effekt ist gut, wenn die Dichte >95 % (Fehler ±0,1 %) beträgt; wenn sie unter 90 % (Fehler ±0,1 %) liegt, erhöht sich die Porosität um 10 % (Fehler ±2 %).

Isolationszeit

Nach 1–2 Stunden (Fehler ± 0,1 Stunden) ist die Struktur gleichmäßig, bei mehr als 3 Stunden (Fehler ± 0,1 Stunden) nimmt die Korngröße um 10 % zu (Fehler ± 2 %).

Beispielsweise stieg die Porosität von YG8HIP (Druck 50 MPa, Fehler ±1 MPa) auf 0,2 % (Fehler

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

±0,01 %).

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Porosität von <0,1 % (Fehler ±0,01 %) und eine Härte von >HV 2000 (Fehler ±30) zu erreichen. Es wird empfohlen:
Druckoptimierung: Wird bei 100–150 MPa gehalten (Fehler ±1 MPa), wodurch Porosität effektiv eliminiert wird.
Temperaturregelung: 1400 °C (Fehler ±10 °C), um eine übermäßige Korngröße zu vermeiden.
Co-Optimierung: Gehalt 6 % – 10 % (Fehler ± 1 %), Ausgleich von Festigkeit und Bruchfestigkeit.
Optimierung vor dem Sintern: Dichte des vorgesinterten Körpers > 95 % (Fehler ± 0,1 %), Korngröße 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm).
Prüfspezifikationen: ISO 4505 (Porosität), ISO 3327 (Festigkeit).
Beispielsweise hat YG6HIP (1400 °C, Fehler ±10 °C, 150 MPa, Fehler ±1 MPa) eine Porosität von 0,05 % (Fehler ±0,01 %) und eine Härte von HV 2100 (Fehler ±30).

für technische Anwendungen
funktioniert in den folgenden Szenarien gut:
Hartmetall-Flugzeugwerkzeug: YG6HIP (Härte HV 2100, Fehler ±30) Lebensdauer > 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden).
Hartmetall-Präzisionsform: YG8HIP (Bruchfestigkeit 15 MPa·m^{1} / ^{2}, Fehler ±0,5) Lebensdauer > 10^{6}-fach (Fehler ±10^{5}-fach).
Hartmetall-Verschleißteile: YG6HIP (Verschleißrate 0,04 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m) Lebensdauer > 10^{4} Stunden (Fehler ± 10^{3} Stunden) . Diese Anwendungen zeigen, dass das HIP-Verfahren hohe Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllt.

10.5.2.2 Anwendung: Hochzuverlässige Hartmetallwerkzeuge

Grundlagen und TechnologieübersichtHIP
Hartmetall eignet sich aufgrund seiner geringen Porosität (<0,1 %, Fehler ± 0,01 %) und hohen Festigkeit (> 2000 MPa, Fehler ± 50 MPa) für hochzuverlässige Werkzeuge, darunter Luftfahrtwerkzeuge (Lebensdauer > 5000 Stunden, Fehler ± 500 Stunden), medizinische Geräte (Genauigkeit < 0,01 mm, Fehler ± 0,001 mm) und Präzisionsformen (> 10^{6}-fach , Fehler ± 10^{5} -fach) . Die Korngröße beträgt 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm), der Co-Gehalt 6–10 % (Fehler ± 1 %) und die Härte 1800–2200 HV (Fehler ± 30).

Zu den Testmethoden gehören Ermüdungsprüfungen (ASTM E466, Genauigkeit ±10^{4}-fach), Verschleißprüfungen (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³/N·m) und Porositätsmessungen (ISO 4505, Genauigkeit ±0,01 %). Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von YG6HIP (Korn 0,5 μm , Fehler ±0,01 μm) in Luftfahrtwerkzeugen mehr als 5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden), und die Verschleißrate beträgt nur 0,04 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m).

Mechanismusanalyse:

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

Geringe Porosität (<0,1 %, Fehler ±0,01 %) reduziert die Spannungskonzentration (Spannungskonzentrationsfaktor <1,1, Fehler ±0,05) und verbessert dadurch die Ermüdungslebensdauer (>10^6-fach, Fehler ±10^5-fach). Die WCCo- Grenzfläche (Bindungsenergie ca. 150 kJ/mol, Fehler ±10 kJ/mol) gewährleistet eine Härte von HV 2100 (Fehler ±30), und Co (Gehalt 6 %, Fehler ±1 %) bietet eine Bruchfestigkeit von 15 MPa·$m^{1/2}$ (Fehler ±0,5). Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass YG6HIP eine geringe Porendichte (<10^4 cm^{-2} , Fehler ±10^3 cm^{-2}) und eine glatte Oberfläche (Rauhigkeit Ra <0,05 μm , Fehler ±0,01 μm) aufweist. Energiedispersive Spektroskopie bestätigt die gleichmäßige Verteilung von Co (Abweichung <0,1 %, Fehler ±0,02 %). Ergebnisse von Ermüdungstests zeigen, dass YG6HIP dem konventionellen Sintern überlegen ist (Lebensdauer 5×10^5-fach, Fehler ±5×10^4-fach).

der Einflussfaktorenanalyse

wird von vielen Faktoren beeinflusst:

Porosität

Wenn der Wert <0,1 % (Fehler ±0,01 %) ist, ist die Lebensdauer lang; wenn er >0,5 % (Fehler ±0,01 %) ist, verringert sich die Ermüdungslebensdauer um 20 % (Fehler ±3 %).

Körnung

0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm); wenn er >2 μm (Fehler ±0,01 μm) ist, verringert sich die Festigkeit um 10 % (Fehler ±2 %).

Co-Inhalt

Die Bruchfestigkeit ist gut, wenn sie 6–10 % (Fehler ± 1 %) beträgt, bei > 15 % (Fehler ± 1 %) verringert sich die Härte um 15 % (Fehler ± 3 %).

Oberflächenrauheit

Bei Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) verringert sich die Verschleißrate um 10 % (Fehler ± 2 %); bei Ra > 0,1 μm (Fehler ± 0,01 μm) erhöht sich die Verschleißrate um 15 % (Fehler ± 3 %).

Ladebedingungen

Um der Ermüdung bei hochfrequenten Vibrationen (> 10 Hz, ± 1 Hz Toleranz) zu widerstehen, ist eine geringe Porosität erforderlich.

Beispielsweise reduziert sich die Lebensdauer von YG8HIP (Porosität 0,2 %, Fehler ±0,01 %) auf 3000 Stunden (Fehler ±500 Stunden).

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Lebensdauer von >5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden) und eine Porosität von <0,1 % (Fehler ±0,01 %) zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:

HIP-Parameter: Temperatur 1400 °C (Fehler ±10 °C), Druck 150 MPa (Fehler ±1 MPa).

Kornkontrolle: Beibehaltung von 0,5–1 μm (Fehler ±0,01 μm), Zugabe von VC (0,2 %, Fehler ±0,01 %).

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

Co-Optimierung: Inhalt 6 % – 10 % (Fehler ± 1 %), ausgewogene Leistung.
Oberflächenoptimierung: Durch Polieren wird die Rauheit auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) kontrolliert und die Verschleißrate um 10 % (Fehler ± 2 %) reduziert.
Prüfspezifikationen: ASTM E466 (Ermüdung), ISO 4505 (Porosität).
Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von YG6HIP (Rauheit Ra < 0,05 μm , Fehler ± 0,01 μm) mehr als 5000 Stunden (Fehler ± 500 Stunden).

Technische Anwendung:
HIP-Hartmetall eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Hartmetall-Schneidwerkzeuge für die Luftfahrt
YG6HIP (Härte HV 2100, Fehler ±30) Lebensdauer >5000 Stunden (Fehler ±500 Stunden).

Medizinische Bohrer aus Hartmetall
YG8HIP (Genauigkeit <0,01 mm, Fehler ±0,001 mm) Lebensdauer >10^4-fach (Fehler ±10^3-fach).

Hartmetall-Präzisionsform
YG6HIP (Verschleißrate 0,04 $mm^3/N·m$, Fehler ±0,01 $mm^3/N·m$) Lebensdauer > 10^6-fach (Fehler ±10^5-fach). Diese Anwendungen demonstrieren die hervorragende Leistung von HIP-Hartmetall bei hohen Zuverlässigkeitsanforderungen.

10.5.3 Beschichtetes Hartmetall

Beschichtetes Hartmetall verbessert die Verschleißfestigkeit (Steigerung um 30–50 %, Fehlertoleranz ± 5 %), die Korrosionsbeständigkeit (Reduzierung der Korrosionsrate um 50 %, Fehlertoleranz ± 5 %) und die Lebensdauer (> 20 Stunden, Fehlertoleranz ± 2 Stunden) deutlich. Dies wird durch die Beschichtung (Dicke 1–10 μm , Fehlertoleranz ± 0,1 μm) auf einem Substrat (WCCo , Härte HV 1600–2000, Fehlertoleranz ± 30) erreicht. Dieses Material eignet sich für Hochgeschwindigkeitsschneiden (> 1500 m/min, Fehlertoleranz ± 10 m/min) und raue Umgebungen (pH 2–12, Fehlertoleranz ± 0,1).
In diesem Abschnitt werden die technischen Eigenschaften und der Anwendungswert von HVOF-, PVD- und CVD-Beschichtungen sowie Leistungsverbesserungen analysiert.

10.5.3.1 HVOF-, PVD- und CVD-Beschichtungen

Grundprinzipien und technischer Überblick über beschichtetes Hartmetall
Bei beschichtetem Hartmetall wird mittels Hochgeschwindigkeits-Brennstoffspritzen (HVOF), physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) oder chemische Gasphasenabscheidung (CVD) eine TiN- , TiAlN- oder Al_2O_3-Beschichtung auf dem Substrat abgeschieden (WC-Gehalt 85–95 %, Fehler ± 1 %, Co-Gehalt 5–10 %, Fehler ± 1 %). Die Beschichtungsdicke beträgt 2–5 μm (Fehler ± 0,1 μm). Die HVOF-Sprühgeschwindigkeit übersteigt 500 m/s (Fehler ± 10 m/s), die PVD-Abscheidungstemperatur liegt unter 500 °C (Fehler ± 10 °C) und die CVD-Abscheidungstemperatur über 800 °C (Fehler ± 10 °C). Die Härte der Beschichtung erreicht HV 2000–3000 (Fehler ±50) und

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

der Reibungskoeffizient liegt unter 0,3 (Fehler ±0,05).
PVD-Öfen (Vakuum <10^{-3} Pa, Fehler ±0,001 Pa) und CVD-Öfen (Gasdruck 1–10 kPa, Fehler ±0,1 kPa). Die Prüfmethoden umfassen die Messung der Schichtdicke (ISO 18452, Genauigkeit ±0,01 µm), die Prüfung der Haftung (ISO 26443, Genauigkeit ±1 MPa) und die Bewertung der Verschleißfestigkeit (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 mm³/N·m). Beispielsweise beträgt die Härte einer TiAlN- Beschichtung (PVD, Schichtdicke 3 µm , Fehler ±0,1 µm) HV 2800 (Fehler ±50), und die Verschleißrate beträgt nur 0,03 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m).

Mechanismus und Analyse von beschichtetem Hartmetall-HVOF
bildet durch Hochgeschwindigkeitspartikelabscheidung (> 500 m/s, Fehler ± 10 m/s) eine dichte Beschichtung (Porosität < 1 %, Fehler ± 0,1 %) und die Haftung übersteigt 70 MPa (Fehler ± 5 MPa). PVD verwendet Ionenbeschuss (Energie 100 eV, Fehler ± 10 eV), um feinkörnige Beschichtungen (Körner < 0,1 µm , Fehler ± 0,01 µm) zu erzeugen und die Härte erreicht HV 2800 (Fehler ± 50). CVD bildet durch chemische Reaktionen (Reaktionsrate 10^{-6} mol/s, Fehler ± 10^{-7} mol/s) eine gleichmäßige Beschichtung (Dickenabweichung < 0,1 µm , Fehler ± 0,01 µm) und weist eine hohe Temperaturbeständigkeit auf (> ±10 °C). Rasterelektronenmikroskopie zeigte, dass die TiAlN- Beschichtung (PVD) dicht war (Poren <0,01 %, Fehler ±0,001 %), und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie bestätigte die Verteilung von Ti und Al (Ti 2p betrug etwa 459 eV, Fehler ±0,1 eV).

Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate der TiAlN (PVD)-Beschichtung nur 0,03 mm³/N·m (Fehler ±0,01 mm³/N·m) beträgt und damit deutlich besser ist als die des unbeschichteten Substrats (0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m).

Die Analyse der Faktoren, die
die Leistung von beschichtetem Hartmetall beeinflussen, wird von vielen Faktoren beeinflusst:

Beschichtungstyp
TiAlN (PVD) weist eine um 50 % höhere Verschleißfestigkeit auf (Fehler ±5 %); Al_2O_3 (CVD) weist eine bessere Hochtemperaturbeständigkeit auf.

Dicke
µm (Fehler ±0,1 µm) ist die Leistung ausgeglichen ; übersteigt er 10 µm (Fehler ±0,1 µm), erhöht sich die Ablöserate um 20 % (Fehler ±3 %).

Matrixhärte
Bei HV > 1800 (Fehler ± 30) ist die Haftung stark; bei < 1600 (Fehler ± 30) erhöht sich die Ablöserate um 15 % (Fehler ± 3 %).

Abscheidungstemperatur
Bei einer PVD-Temperatur von <500 °C (Fehler ±10 °C) bleibt die Leistung des Substrats unverändert; bei einer CVD-Temperatur von >800 °C (Fehler ±10 °C) verringert sich 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

Bruchfestigkeit des Substrats um 10 % (Fehler ±2 %).

Oberflächenrauheit

Bei Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm) verbessert sich die Verschleißfestigkeit um 10 % (Fehler ± 2 %).

Beispielsweise erhöhte sich die Ablöserate von TiN (CVD, Dicke 10 μm , Fehler ±0,1 μm) auf 20 % (Fehler ±3 %).

Optimierungsstrategie für beschichtetes Hartmetall

Um eine Verbesserung der Verschleißfestigkeit > 30 % (Fehler ± 5 %) und der Haftung > 70 MPa (Fehler ± 5 MPa) zu erreichen, wird Folgendes empfohlen:

Beschichtungsoptionen: TiAlN (PVD, geeignet für Hochgeschwindigkeitsschneiden), Al_2O_3 (CVD, geeignet für Hochtemperaturumgebungen).

Dickenkontrolle: Halten Sie 2–5 μm (Fehler ±0,1 μm), um ein Ablösen zu vermeiden.

Matrixoptimierung: Härte HV > 1800 (Fehler ± 30), Korngröße 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm).

Oberflächenvorbehandlung: Polieren auf Ra<0,05 μm (Fehler ±0,01 μm), Haftung um 10% erhöht (Fehler ±2%).

Prüfspezifikationen: ISO 26443 (Haftung), ASTM G99 (Abrieb).

Beispielsweise beträgt die Verschleißrate von TiAlN (PVD, Dicke 3 μm , Fehler ±0,1 μm) 0,03 mm^3 / N · m (Fehler ±0,01 mm^3 / N · m).

Technische Anwendungen für beschichtetes Hartmetall

Beschichtetes Hartmetall eignet sich gut für die folgenden Szenarien:

Hochgeschwindigkeitswerkzeug: TiAlN (PVD, Härte HV 2800, Fehler ±50) Lebensdauer >20 Stunden (Fehler ±2 Stunden).

Form: Al_2O_3 (CVD, hohe Temperaturbeständigkeit >1000°C, Fehler ±10°C) Lebensdauer >10^6-fach (Fehler ±10^5-fach).

Verschleißfeste Teile: HVOF WC-Co (Verschleißrate 0,03 mm^3/N·m, Fehler ±0,01 mm^3/N·m) Lebensdauer > 10^4 Stunden (Fehler ± 10^3 Stunden) . Diese Anwendungen verdeutlichen die bedeutende Rolle der Beschichtungstechnologie bei der Leistungsverbesserung.

10.5.3.2 Leistungsverbesserung durch beschichtetes Hartmetall: Verschleißfestigkeit um 30–50 % erhöht

Grundprinzipien und technischer Überblick zu beschichtetem Hartmetall:

Die Verschleißfestigkeit von beschichtetem Hartmetall wird um 30–50 % verbessert (Fehler ± 5 %), die Verschleißrate wird auf <0,04 mm^3 /N·m reduziert (Fehler ± 0,01 mm^3/N·m), die Lebensdauer wird um > 50 % erhöht (Fehler ± 5 %, > 20 Stunden, Fehler ± 2 Stunden), der Härtebereich liegt bei 2000–3000 HV (Fehler ± 50) und der Reibungskoeffizient liegt bei <0,3 (Fehler ± 0,05). Die Beschichtungsmaterialien umfassen TiN , TiAlN , Al_2O_3 , die Dicke beträgt 2–5 μm (Fehler ± 0,1 μm) und die Matrixkorngröße beträgt 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm).

Zu den Testmethoden gehören Verschleißprüfungen (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 mm^3 / N·m),

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

Haftprüfungen (ISO 26443, Genauigkeit ±1 MPa) und die Bewertung der Hochtemperaturleistung (ISO 1832, Genauigkeit ±10 °C). Beispielsweise beträgt die Verschleißrate von TiAlN (PVD, Dicke 3 μm , Fehler ±0,1 μm) 0,03 mm³ / N·m (Fehler ±0,01 mm³ / N·m), und die Lebensdauer erhöht sich um 50 % (Fehler ±5 %).

Mechanismus und Analyse

Die hohe Härte der Beschichtung (HV 2800, Fehler ±50) verringert wirksam die Verschleißrate (<0,04 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m), und der niedrige Reibungskoeffizient (<0,3, Fehler ±0,05) verringert die Hitze beim Schneidvorgang (Temperaturreduzierung um 20 %, Fehler ±3 %). Die TiAlN- Beschichtung erzeugt bei hohen Temperaturen (>800 °C, Fehler ±10 °C) Al_2O_3 , wodurch die Oxidationsbeständigkeit verbessert wird (Oxidationsgewichtszunahme <0,5 mg/cm² , Fehler ±0,05 mg/cm²) . Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass die TiAlN- Beschichtung gleichmäßig verschleißt (Tiefe <0,01 mm, Fehler ±0,001 mm), und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie bestätigt das Vorhandensein von Al_2O_3 (Al2p beträgt etwa 74 eV, Fehler ±0,1 eV). Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von TiAlN (PVD) 0,03 mm³/N·m beträgt (Fehler ±0,01 mm³/N·m), was besser ist als die des unbeschichteten Substrats (0,06 mm³/N·m, Fehler ±0,01 mm³/N·m).

Analyse der Einflussfaktoren

Die Leistung wird von vielen Faktoren beeinflusst:

Beschichtungstyp

Die Verschleißfestigkeit von TiAlN ist um 50 % (Fehler ± 5 %) verbessert, die von TiN um 30 % (Fehler ± 5 %).

Dicke

Die Verschleißfestigkeit ist bei einem Durchmesser von 2–5 μm (Fehler ± 0,1 μm) am besten; liegt er über 10 μm (Fehler ± 0,1 μm), erhöht sich die Ablöserate um 20 % (Fehler ± 3 %).

Matrixhärte

Bei HV > 1800 (Fehler ± 30) ist die Lebensdauer lang; bei < 1600 (Fehler ± 30) erhöht sich die Beschichtungsausfallrate um 15 % (Fehler ± 3 %).

Arbeitsbedingungen

TiAlN ist besser bei Schnittgeschwindigkeiten >1500 m/min (Fehler ±10 m/min); <500 m/min (Fehler ±10 m/min)

TiN ist anwendbar.

Umweltbedingungen

$_2$ O_3 zeigt bei hohen Temperaturen (>800°C, ±10°C) eine bessere Leistung.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate von TiN (PVD, Dicke 10 μm , Toleranz ±0,1 μm) auf 0,05 mm³ /N·m (Toleranz ±0,01 mm³ /N·m).

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

Die Optimierungsstrategie
zielt darauf ab, eine Verbesserung der Verschleißfestigkeit um >30 % (Fehler ±5 %) und eine Erhöhung der Lebensdauer um >50 % (Fehler ±5 %) zu erreichen. Empfohlen wird:
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (PVD, geeignet für Hochgeschwindigkeitsschneiden), Al_2O_3 (CVD, geeignet für Hochtemperaturumgebungen).
Dickenkontrolle: Halten Sie 2–5 μm (Fehler ±0,1 μm), um ein Ablösen zu vermeiden.
Matrixoptimierung: Härte HV > 1800 (Fehler ± 30), Korngröße 0,5–1 μm (Fehler ± 0,01 μm).
Oberflächenbehandlung: Poliert auf Ra < 0,05 μm (Fehler ± 0,01 μm), Verschleißfestigkeit um 10 % erhöht (Fehler ± 2 %).
Prüfspezifikationen: ASTM G99 (Abrieb), ISO 1832 (Hochtemperaturverhalten).
Beispielsweise erhöht sich die Lebensdauer von TiAlN (PVD, Dicke 3 μm , Fehler ±0,1 μm) um 50 % (Fehler ±5 %).

Beschichtetes Hartmetall **für technische Anwendungen eignet sich gut für die folgenden Szenarien:**

Luftfahrtwerkzeuge: TiAlN (PVD, Verschleißrate 0,03 mm^3 / N · m, Fehler ±0,01 mm^3 / N · m), Lebensdauer >20 Stunden (Fehler ±2 Stunden).
Stanzform: Al_2O_3 (CVD, Härte HV 2500, Fehler ±50) Lebensdauer >10^6-fach (Fehler ±10^5-fach).
Düse: HVOF WC-Co (Reibungskoeffizient <0,3, Fehler ±0,05) Lebensdauer >10^4 Stunden (Fehler ±10^3 Stunden). Diese Anwendungen unterstreichen den signifikanten Effekt der Beschichtungstechnologie hinsichtlich der Verbesserung der Verschleißfestigkeit und Verlängerung der Lebensdauer.

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

Beschichtete Hartmetallsorten

Einstufung in Übereinstimmung mit	Beschichtung Typ	Repräsentative Materialien	Schlüsselleistung	Typische Anwendungen
Pressbeschichtung Schichtmaterial Material	Nitrieren Ding	Zinn	Härte: HV 20002300±50, Reibungskoeffizient: 0,40,6±0,05, Temperaturbeständigkeit: <600°C±10°C	Schneidwerkzeuge (z. B. Bohrer)
		CrN	Härte: HV 15002000±50, Reibungskoeffizient: 0,30,5±0,05, Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit: 20 %30 %±5 %	Formen, petrochemische Teile
		AlTiN	Härte: HV 30003500±50, Reibungskoeffizient: 0,30,4±0,05, Temperaturbeständigkeit: <900°C±10°C	Hochgeschwindigkeitsfräser
		ZGar	Härte: HV 20002500±50, Reibungskoeffizient: 0,40,5±0,05	Dekorative Form
	Hartmetall	TiC	Härte: HV 28003200±50, Reibungskoeffizient: 0,30,5±0,05, Zähigkeit: K_{1c} < 8 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5	Stanzform
		WC/C	Härte: HV 10001500±50, Reibungskoeffizient: 0,10,2±0,01	Gleitteile (z. B. Lager)
	Oxid	Al_2O_3	Härte: HV 18002200±50, Reibungskoeffizient: 0,40,6±0,05, Temperaturbeständigkeit: <1000°C±10°C	Drehwerkzeug
	Borid	TiB_2	Härte: HV 30003500±50, Reibungskoeffizient: 0,40,5±0,05, Zähigkeit: K_{1c} < 6 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5	Keramik-Bearbeitungswerkzeuge
	Diamantähnlicher Kohlenstoff	Zusatzinhalt	Härte: HV 20008000±100, Reibungskoeffizient: 0,050,2±0,01, Korrosionsgewichtsverlust: <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm²	Dichtring, Form
	Komplex /Mehrschicht	TiN / AlTiN	Härte: HV 25003500±50, Schichtdicke: 0,52 μm±0,1 μm /Schicht, Temperaturbeständigkeit: <900°C±10°C	Komplexe Schneidwerkzeuge
		CrN /DLC	Härte: HV 20004000±100, Reibungskoeffizient: 0,050,2±0,01, Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit: 20 %30 %±5 %	Petrochemische Teile und Formen
Nachdem Zubereitungsprozess	PVD	TiN , CrN , AlTiN , DLC	Härte: HV 15003500±50, Haftung:>50 MPa±5 MPa, Oberfläche: Ra<0,05 μm±0,01 μm	Präzisionswerkzeuge, Dichtungen
	Herz-Kreislauf-Erkrankungen	TiC , TiN , Al_2O_3	Härte: HV 20003000±50, Dicke: 510 μm±0,5 μm , Temperaturbeständigkeit: <1000°C±10°C	Hochleistungswerkzeuge und -formen
	Plasma Sprühen	Toilette/ Co, Cr_3C_2 / NiCr	Härte: HV 8001200±50, Dicke: 50500 μm±10 μm , Oberfläche: Ra>0,5 μm±0,1 μm	Ventile, Verschleißteile
	Ionenimpla	N^+ , Cr^+	Härtezunahme: 10 % 20 % ± 5 %, Reibungskoeffizientenabnahme : 10 % ± 2 %, Dosierung: 10^{17}	Gleitlager, Dichtungen

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

Einstufung in Übereinstimmung mit	Beschichtung Typ	Repräsentative Materialien	Schlüsselleistung	Typische Anwendungen
	ntation		10^{18} cm^{-2} ± 10^{16} cm^{-2}	
Nach Anwendungsszenario	Schneidwerkzeuge	TiN , AlTiN , TiC , TiN / AlTiN	Härte: HV 20003500±50, Verschleißrate: <0,05 /N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Lebensdauer: >5000 ±500 m	Fräser, Bohrer
	Schimmel	CrN , DLC, WC/C, CrN /DLC	Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Gewichtsverlust durch Korrosion: <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Entformungskraft: <10 N±1 N	Stanzformen, Spritzgussformen
	Verschleiß- und korrosionsbeständige Teile	CrN , Al_2O_3 , DLC, Cr_3C_2/ NiCr	Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit: 20 %–30 % ± 5 %, Druckbeständigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 Stunden±10^3 Stunden	Petrochemische Ventile und Pumpenteile
	Selbstschmierende Teile	DLC, WC/C, MoS_2-Verbundwerkstoff	Reibungskoeffizient: 0,050,2±0,01, Haftung: <1 N±0,1 N, Reibungswärme: <100°C±1°C	Gleitlager, Dichtungen

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

Herstellungsprozess von Hartmetallbeschichtungen

Prozesstyp	Schritt	Detaillierte Beschreibung	Schlüsselparameter	Ausstattung und Technik	Für und Wider
Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) (Mainstream: Magnetronsputtern, Kathodenbogen)	Matrix Vorbereiten	Reinigen Sie das Hartmetallsubstrat (WCCo), um Öl und Oxide zu entfernen und eine glatte Oberfläche zu gewährleisten. Methode: Ultraschallreinigung (Alkohol/deionisiertes Wasser), alkalische Reinigung, saure Reinigung. Polieren auf Ra <0,05 ±0,01 μm .	Reinigungszeit: 1030 min±1 min, Oberflächenrauheit: Ra<0,05 μm±0,01 μm , Eigenspannung: <50 MPa±5 MPa	Ultraschallreinigungsgerät (Frequenz 40 kHz ± 1 kHz), Poliergerät (Diamantschleifmittel <1 μm ± 0,1 μm)	Vorteile: Gründliche Reinigung und hohe Oberflächenqualität. Nachteile: Mehrstufige Reinigung erhöht den Zeitaufwand.
	Klemmen Und Vorheizen	Befestigen Sie das Substrat an der Vakuumkammervorrichtung und drehen Sie es, um eine gleichmäßige Abscheidung zu gewährleisten. Heizen Sie es vor, um Oberflächenfeuchtigkeit zu entfernen und die Haftung der Beschichtung zu verbessern.	Vorwärmtemperatur: 150–300 °C ± 10 °C, Vakuumgrad: <10 $^{-3}$ Pa ± 10 $^{-4}$ Pa, Rotationsgeschwindigkeit: 510 U/min ± 1 U/min	PVD-Vakuumkammer (Volumen >1 m³ ± 0,1 m³) , Vorrichtung (Temperaturbeständigkeit >500°C±10°C)	Vorteile: Gleichmäßiges Vorwärmen verbessert die Verbindungsfestigkeit (>50 MPa±5 MPa). Nachteile: Aufwändige Vorrichtung.
	3. Ionenreinigung	Das Substrat wird mit Ar^+- oder N^+-Plasma bombardiert, um Spuren von Oxidschichten zu entfernen und die Oberfläche zu aktivieren.	Vorspannung: 100 bis 300 V ± 10 V, Ionenstrom: 10^{16} 10^{17} cm^{-2} ± 10^{15} cm^{-2}, Zeit: 515 min ± 1 min	Ionenquelle (RF/DC, Leistung 15 kW ± 0,1 kW), Vakuumpumpe (Rate > 1000 L/s ± 100 L/s)	Vorteile: Durch die Oberflächenaktivierung wird die Haftung um 10–20 % ± 5 % verbessert. Nachteile: Überbeschuss kann das Substrat beschädigen (Spannungserhöhung um 5 % ± 1 %).
	4. Targetanregung und -abscheidung	Magnetronsputtern: Hochenergetische Teilchen (Ar^+) beschießen das Target (z. B. Ti, Cr), und die gesputterten Atome lagern sich auf dem Substrat ab. Kathodenbogen: Der	Zielreinheit: >99,9 % ± 0,01 %, Abscheidungsrate: 0,11 μm /min ± 0,01 μm /min, Vorspannung: 50 bis 200 V ± 10 V, Gasdruck: 0,11 Pa ± 0,01 Pa	Magnetron-Sputtertarget (Leistung 520 kW ± 0,1 kW), Kathodenbogenquelle (Strom 50200 A ± 1 A), Gasdurchflussmesser (Genauigkeit ± 1 sccm)	Vorteile: gleichmäßige Abscheidung und präzise Dickenkontrolle (Abweichung <0,1 ±0,01 μm). Nachteile: niedrige Magnetron-Sputterrate und Kathodenbogen

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

Prozesstyp	Schritt	Detaillierte Beschreibung	Schlüsselparameter	Ausstattung und Technik	Für und Wider
		Lichtbogen verdampft das Target (z. B. AlTi) und erzeugt so eine Plasmaabscheidung. Reaktionsgase (z. B. N_2 , CH_4) werden zugeführt, um TiN , CrN , DLC usw. zu erzeugen.			neigt zu Tropfenbildung (<1 µm±0,1).
	5. Reagenzgasregelung	Steuern Sie den Fluss von N_2 , C_2, H_2 , O_2 und anderen Gasen genau, um eine Nitrid- (TiN , CrN), Karbid- (TiC) oder DLC-Beschichtung zu bilden.	Gasreinheit: >99,99 % ± 0,01 %, Durchflussrate: 10100 sccm ± 1 sccm , Reaktionszeit: 30120 min ± 1 min	Massendurchflussregler (MFC, Genauigkeit ±0,1 sccm), Vakuumkammerdruckmesser (Genauigkeit ±0,01 Pa)	Vorteile: Die Zusammensetzung der Beschichtung ist einstellbar (z. B. CrN-Härte HV 1500–2000±50). Nachteile: Eine Abweichung des Gasverhältnisses (> 5 %±1 %) beeinträchtigt die Leistung.
	6. Kühlung und Nachbearbeitung	Nach der Beschichtung langsam auf Raumtemperatur abkühlen lassen, um thermische Spannungen zu vermeiden. Schichtdicke und Gleichmäßigkeit prüfen und durch Polieren die Oberfläche optimieren (Ra < 0,05 µm ± 0,01 µm).	Abkühlrate: <5°C/min±1°C/min, Beschichtungsdicke: 15 µm±0,5 µm , Gleichmäßigkeitsabweichung: <5%±1%	Vakuumkammer-Kühlsystem (Wasserkühlung, Durchflussrate > 10 l/min ± 1 l/min), Poliermaschine (Ra-Genauigkeit ± 0,01 µm)	Vorteile: Reduzierte Rissrate (<0,1 % ± 0,02 %). Nachteile: Lange Abkühlzeit (12 h ± 0,1 h).
	7. Leistungstests	Prüfhärte (Vickers), Haftung (Kratzmethode), Reibungskoeffizient (Stift-Scheibe-Test), Korrosionsbeständigkeit (Salzsprühnebel).	Härte: HV 15003500±50, Haftung: >50 MPa±5 MPa, Reibungskoeffizient: 0,050,6±0,05, Gewichtsverlust durch Korrosion: <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm²	Vickers-Härteprüfer (Last 10 kg ± 0,1 kg), Kratzprüfer (Last 0100 N ± 1 N), Reibungsprüfer (ASTM G99)	Vorteile: Gewährleistung einer Leistungskonsistenz (Abweichung <5 % ± 1 %). Nachteile: Zeitaufwändige Erkennung (> 1 h ± 0,1 h/Charge).
Chemische Gasphasenabscheidung (CVD) (Mainstream:	1. Matrixvorbereitung	Reinigen Sie das Hartmetallsubstrat und polieren Sie es, um	Reinigungszeit: 1530 min±1 min, Oberflächenrauheit: Ra<0,1 µm±0,01 µm ,	Ultraschallreinigungsgerät (Frequenz 40 kHz ± 1 kHz), Ätzbecken (Säure-pH < 2 ± 0,1)	Vorteile: Wenige Oberflächendefekte (<0,1 % ± 0,02 %).

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

Prozesstyp	Schritt	Detaillierte Beschreibung	Schlüsselparameter	Ausstattung und Technik	Für und Wider
thermische CVD, plasmaunterstützte CVD)		Oberflächendefekte zu entfernen und einen Ra-Wert von <0,1 μm ± 0,01 μm sicherzustellen . Methode: Ultraschallreinigung, chemisches Ätzen.	Sauberkeit: Rückstand<0,01%±0,001%		Nachteile: Chemisches Ätzen erfordert Umweltschutz.
	2. Spannen und Vorwärmen	Das Substrat wird in einen CVD-Reaktor gelegt, auf einer Graphitschale befestigt und auf die Reaktionstemperatur vorgeheizt, um die Gaszersetzung zu fördern.	Vorheiztemperatur: 800–1000 °C ± 10 °C, Vakuumgrad: <10 Pa ± 1 Pa, Tablettrotation: 15 U/min ± 0,5 U/min	CVD-Reaktor (Temperaturbeständigkeit >1200°C±10°C), Graphitschale (Reinheit >99,9%±0,01%)	Vorteile: Hohe Temperaturen aktivieren die Matrix (Bindungsstärke steigt um 10 %±2 %). Nachteile: Hohe Temperaturen können die Zähigkeit der Matrix verringern (K_{1C} sinkt um 5 %±2 %).
	3. Einleitung des Reaktionsgases	Vorläufergase (wie $TiCl_4$, CH_4 , N_2 , H_2) werden eingeführt, und TiC , Durch thermische oder plasmaunterstützte Zersetzung werden TiN- , Al_2O_3- und andere Beschichtungen auf der Oberfläche des Substrats erzeugt .	Gasdurchflussrate: 50500 sccm±5 sccm , Gasdruck: 101000 Pa±10 Pa, Temperatur: 8001000°C±10°C	Gasverteilungssystem (Genauigkeit ±1 sccm), Plasmagenerator (Leistung 110 kW ±0,1 kW, PECVD)	Vorteile: Dicke Beschichtung (510 μm ± 0,5 μm), hohe Temperaturbeständigkeit (<1000°C ± 10°C). Nachteile: $TiCl_4$ ist hochgiftig und erfordert eine sichere Handhabung.
	4. Beschichtungsabscheidung	Kontrollieren Sie Reaktionszeit, Temperatur und Gasdruck, um eine gleichmäßige Beschichtungsabscheidung zu gewährleisten. Thermische CVD basiert auf thermischer Zersetzung, während PECVD Plasma zur Temperaturreduzierung (600–800 °C ± 10 °C) nutzt.	Abscheidungsrate: 0,52 μm/h ±0,1 μm /h, Dicke: 510 μm±0,5 μm , Gleichmäßigkeitsabweichung: <5%±1%	Thermischer CVD-Ofen (Heizgenauigkeit ±5 °C), PECVD-Elektrode (Vorspannung 100 bis 500 V ±10 V)	Vorteile: dichte Beschichtung (Porosität <0,1 % ± 0,02 %). Nachteile: hohe thermische CVD-Temperatur und komplexe PECVD-Ausrüstung.
	5. Kühlung und	Langsames Abkühlen im	Abkühlzeit : 24 h±0,1 h,	Kühlsystem (Stickstoffschutz,	Vorteile: Reduzierung

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

Prozesstyp	Schritt	Detaillierte Beschreibung	Schlüsselparameter	Ausstattung und Technik	Für und Wider
	Nachbearbeitung	Ofen auf <200°C±10°C, um Rissbildung in der Beschichtung zu vermeiden. Die Oberfläche kann durch Sandstrahlen oder Polieren (Ra<0,1 μm±0,01 μm) optimiert werden.	Eigenspannung: <100 MPa±10 MPa, Oberflächenrauheit: Ra<0,1 μm±0,01 μm	Durchflussrate > 20 l/min ± 1 l/min), Sandstrahlgerät (Druck 0,10,5 MPa ± 0,01 MPa)	der thermischen Spannungsrissbildung (<0,1 % ± 0,02 %). Nachteile: Langer Abkühlzyklus und höhere Kosten.
	6. Leistungstests	Testen Sie Härte, Haftung, Reibungskoeffizient, Korrosionsbeständigkeit und überprüfen Sie die Beschichtungsqualität.	Härte: HV 20003000±50, Haftung:>60 MPa±5 MPa, Reibungskoeffizient: 0,40,6±0,05, Gewichtsverlust durch Korrosion: <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm²	Vickers-Härteprüfgerät (Last 10 kg ± 0,1 kg), Kratzprüfgerät (ASTM C1624), Salzsprühnebelprüfkammer (ISO 9227)	Vorteile: Zuverlässige Leistung (Konsistenz > 95 % ± 2 %). Nachteile: Für Multiparametertests ist spezielle Ausrüstung erforderlich.

10.5.4 Additive Fertigung von Hartmetall

Additive Fertigung (3D-Druck) von Hartmetall mittels SLM (Selective Laser Melting) oder Binder Jetting ermöglicht die Herstellung komplexer Formen (Freiheitsgrade > 95 % ± 2 %), geeignet für kundenspezifische Werkzeuge (Genauigkeit < 0,1 mm ± 0,01 mm) und komplexe Teile (Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden). Herausforderungen sind die Kornkontrolle (> 2 μm ± 0,01 μm) und die Dichte (< 99 % ± 0,1 %).
Dieser Abschnitt beginnt mit dem 3D-Druck (SLM, Binder Jetting) und den Herausforderungen und analysiert seine Eigenschaften.

10.5.4.1 3D-Druck (SLM, Binder Jetting)

Überblick über die Grundlagen und Technologien der additiven Fertigung von Hartmetall
Beim SLM wird Pulver (WC 85 %–95 % ± 1 %, Co 5 %–10 % ± 1 %, Partikelgröße 1050 μm ± 0,01 μm) mittels Laser (Leistung 200–500 W ± 10 W) geschmolzen. Die Schichtdicke beträgt 20–100 μm ± 1 μm , die Dichte > 98 % ± 0,1 %. Beim Binder Jetting wird das Pulver durch einen Binder verfestigt (Injektionsvolumen 0,11 g/s ± 0,01 g/s) und anschließend gesintert (1450 °C ± 10 °C). Die Dichte beträgt > 97 % ± 0,1 %. Die Härte beträgt HV 1500–1800 ± 30, die Korngröße 15 μm ± 0,01 μm .

Zur Ausstattung gehören ein SLM-Drucker (Auflösung <0,1 mm±0,01 mm) und ein Binder-Jetting-System (Düsengenauigkeit ±0,01 mm). Die Tests umfassen Dichte (ISO 3369, Genauigkeit ±0,01 g/cm³), Korngröße (ASTM E112, Genauigkeit ±0,01 μm) und Leistung (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³/ N·m). Beispielsweise hat SLMWC6Co eine Dichte von 98,5 %±0,1 % und eine Härte von HV 1700±30.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Mechanismus und Analyse der additiven Fertigung von Hartmetall

Die hohe Abkühlrate von SLM (>10 ⁶ K/s±10 ⁵ K/s) bildet feine Körner (12 μm±0,01 μm), aber thermische Spannungen (>500 MPa±50 MPa) verursachen leicht Risse (<0,1 mm±0,01 mm). Die Sinterschrumpfung beim Binder Jetting (10%20%±1%) beeinträchtigt die Genauigkeit (Abweichung <0,1 mm±0,01 mm) und die Körner neigen zum Wachsen (>2 μm±0,01 μm). SEM zeigt, dass die SLMWC6Co-Körner gleichmäßig sind (Abweichung <0,1%±0,02%), aber Mikroporen vorhanden sind (<0,1 μm±0,01 μm). EDS bestätigt die Verteilung von Co (Abweichung <0,1%±0,02%). Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von SLMWC6Co 0,06 mm³ /N·m ±0,01 mm³/ N·m beträgt und damit etwas höher ist als beim herkömmlichen Sintern (0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse der Einflussfaktoren auf Hartmetall in der additiven Fertigung

Die Leistung wird beeinflusst durch:

Pulverpartikelgröße: 1030 μm±0,01 μm , hohe Dichte; >50 μm±0,01 μm , Porosität um 10 %±2 % erhöht.

Laserleistung: 300–400 W ± 10 W, ausreichendes Schmelzen; < 200 W ± 10 W, Dichte nimmt um 5 % ± 1 % ab.

Schichtdicke: 5080 μm±1 μm , hohe Präzision; >100 μm±1 μm , Porosität um 15 %±3 % erhöht.

Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C (Binder Jetting), mittlere Korngröße; > 1500 °C ± 10 °C, Korngrößenwachstum von 20 % ± 3 %.

Nachbehandlung: HIP reduziert die Porosität um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise sank die Dichte von Binder Jetting WC6Co (Schichtdicke 100 μm ± 1 μm) auf 97 % ± 0,1 %.

Optimierungsstrategie für die additive Fertigung von Hartmetall

Um eine Dichte von >98 % ± 0,1 % und eine Härte von >HV 1700 ± 30 zu erreichen, wird Folgendes empfohlen:

Pulveroptimierung: Partikelgröße 1030 μm ± 0,01 μm , Sphärizität > 95 % ± 2 %.

SLM-Parameter: Laserleistung 300400 W ± 10 W, Schichtdicke 5080 μm ± 1 μm .

Binder Jetting-Optimierung: Sintern bei 1450 °C ± 10 °C, Zugabe von VC (0,2 % ± 0,01 %).

Nachbehandlung: HIP (1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa), Porositätsreduzierung 10 % ± 2 %.

Prüfspezifikationen: ISO 3369 (Dichte), ASTM E112 (Korn).

Beispielsweise beträgt die Dichte von SLMWC6Co (nach HIP) 99 % ± 0,1 % und die Härte beträgt HV 1800 ± 30.

Additive Fertigung Hartmetall Technische Anwendungen

Die additive Fertigung von Hartmetall funktioniert in den folgenden Szenarien gut:

Additive Fertigung von kundenspezifischen Hartmetallwerkzeugen

SLMWC6Co (Genauigkeit <0,1 mm±0,01 mm) Lebensdauer >10 Stunden±1 Stunde.

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

Additive Fertigung komplexer Hartmetallformen

Binder Jetting WC8Co (Härte HV 1700±30) Lebensdauer >10^5 mal ±10^4 mal.

Additive Fertigung von Hartmetallteilen für die Luft- und Raumfahrt

SLMWC6Co (Verschleißrate 0,06 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/N·m$) Lebensdauer >10^4 Stunden±10^3 Stunden.

Diese Anwendungen zeigen, dass die additive Fertigung den Anforderungen komplexer Formen gerecht werden kann.

10.5.4.2 Herausforderungen: Kornkontrolle und Dichteoptimierung

Grundprinzipien und technischer Überblick

Die additive Fertigung von Hartmetall steht vor Herausforderungen bei der Kornkontrolle (Ziel 0,51 µm ± 0,01 µm , tatsächlich 15 µm ± 0,01 µm) und der Dichteoptimierung (Ziel > 99 % ± 0,1 %, tatsächlich 97 % 99 % ± 0,1 %), die sich auf die Härte (HV 1500–1800 ± 30) und die Verschleißfestigkeit (Verschleißrate 0,06–0,08 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$) auswirken. Die Hauptprobleme sind die thermische Spannung beim SLM (> 500 MPa ± 50 MPa) und die Schrumpfung beim Binder Jetting (10 %–20 % ± 1 %).

Zu den Tests gehören Korngröße (ASTM E112, Genauigkeit ±0,01 µm), Dichte (ISO 3369, Genauigkeit ±0,01 g/cm^3) und Leistung (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 $mm^3/N·m$). Beispielsweise hat SLMWC6Co eine Korngröße von 2 µm±0,01 µm , eine Dichte von 98,5 %±0,1 % und eine Härte von HV 1700±30.

Mechanismus und Analyse

Der hohe Temperaturgradient von SLM (>10^6 K/m±10^5 K/m) führt zu Kornwachstum (>2 µm±0,01 µm), und Mikroporen (<0,1 µm±0,01 µm) reduzieren die Dichte (<99 %±0,1 %). Die Schrumpfung beim Binder Jetting (10–20 %±1 %) verursacht Poren (0,1–0,5 µm±0,01 µm), und die Körner neigen dazu, den Standard (>3 µm±0,01 µm) zu überschreiten. SEM zeigt, dass die Körner von SLMWC6Co ungleichmäßig sind (Abweichung <0,2 %±0,02 %), und dass Binder Jetting mehr Poren aufweist (Dichte <10^5 cm^{-2}±10^4 cm^{-2}). EDS bestätigt die Verteilung von Co (Abweichung <0,1 % ± 0,02 %). Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von SLMWC6Co 0,06 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$ beträgt und damit höher ist als die von HIP (0,04 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$).

Analyse der Einflussfaktoren

Die Leistung wird beeinflusst durch:

Korngröße: >2 µm±0,01 µm , Härte nimmt um 10 %±2 % ab; <1 µm±0,01 µm , Verschleißfestigkeit nimmt um 15 %±3 % zu.

Dichte: <99 % ± 0,1 %, Verschleißrate um 20 % ± 3 % erhöht; >99 % ± 0,1 %, hervorragende Leistung.

Pulverpartikelgröße: 1030 µm±0,01 µm , hohe Dichte; >50 µm±0,01 µm , Porosität um 10 %±2 %

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

erhöht.
Prozessparameter: SLM-Leistung <200 W±10 W, Dichtereduzierung 5 %±1 %; Binder-Jetting-Sintern >1500 °C±10 °C, Kornwachstum 20 %±3 %.
Nachbehandlung: Kein HIP, Porosität um 15 % ± 3 % erhöht.

Beispielsweise sinkt die Härte von Binder Jetting WC6Co (Korn 5 μm ± 0,01 μm) auf HV 1600 ± 30.

Optimierungsstrategie
Um eine Korngröße <1 μm ± 0,01 μm und eine Dichte >99 % ± 0,1 % zu erreichen, wird Folgendes empfohlen:
Pulveroptimierung: Partikelgröße 1030 μm ± 0,01 μm , VC hinzugefügt (0,2 % ± 0,01 %).
SLM-Optimierung: Leistung 300400 W ± 10 W, Abkühlrate > 10^6 K/s ± 10^5 K/s.
Optimierung des Binder Jetting: Sintern bei 1450 °C ± 10 °C, Halten bei 12 h ± 0,1 h.
Nachbehandlung: HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa), Dichte um 2%±0,5% erhöht.
Prüfspezifikationen: ASTM E112 (Korn), ISO 3369 (Dichte).

Beispielsweise hat SLMWC6Co (nach HIP, Korngröße 1 μm±0,01 μm) eine Dichte von 99 %±0,1 % und eine Härte von HV 1800±30.

Technische Anwendung
Die additive Fertigung von Hartmetall funktioniert in den folgenden Szenarien gut:
Komplexe Werkzeuge: SLMWC6Co (Korn 1 μm ± 0,01 μm), Lebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde.
Sonderteile: Binder Jetting WC8Co (Dichte 98,5 % ± 0,1 %) Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden.
Luftfahrtform: SLMWC6Co (Verschleißrate 0,06 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) Genauigkeit <0,1 mm±0,01 mm.
Diese Anwendungen zeigen, dass die additive Fertigung Formbeschränkungen durchbricht, aber Körnung und Dichte optimiert werden müssen.

1 0,6 Klassifizierung nach Form

Die Formklassifizierung von Hartmetall umfasst die Morphologie der Pulverpartikel und die Geometrie des fertigen Produkts, was sich direkt auf den Herstellungsprozess (Pressen, Sintern, additive Fertigung), die Leistung (Härte HV 8002500±30, Zähigkeit K_{1c} 825 $MPa·m^{1/2}$±0,5, Verschleißfestigkeit 0,020,1 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) und die Anwendung (Lebensdauer > 10 Stunden±1 Stunde, verschleißfeste Teile > 10^4 Stunden±10^3 Stunden) auswirkt. Die Partikelmorphologie (Sphärizität 80 %–95 % ± 2 %) bestimmt die Fließfähigkeit (13,020 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g) und die Dichte (4,55,1 g/cm^3 ± 0,01 g/cm^3), und die Form des fertigen Produkts (Platte, Stab, komplexe Geometrie) beeinflusst die Spannungsverteilung (Spannungskonzentrationsfaktor < 1,5 ± 0,1) und die Funktionsanpassung. Verifiziert durch SEM (Auflösung < 0,1 μm ± 0,01 μm), 3D-Scannen (Genauigkeit < 5 μm ± 0,1 μm) und Leistungstests

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

(ASTM B213, G65), erfüllt es die Anforderungen an Schneiden, Verschleißfestigkeit und Präzisionsbearbeitung.

In diesem Abschnitt werden Formeigenschaften und Anwendungen systematisch unter vier Gesichtspunkten analysiert: Klassifizierung nach Pulverpartikelmorphologie, Klassifizierung nach Geometrie des fertigen Produkts, Einfluss der Form auf Leistung und Prozess sowie Test- und Charakterisierungsmethoden.

10.6.1 Klassifizierung nach Pulverpartikelmorphologie

Die Pulverpartikelmorphologie wird in kugelförmig (Sphärizität > 95 % ± 2 %), nahezu kugelförmig (80 % ± 2 %), unregelmäßig und flockig/nadelförmig unterteilt. Dies beeinflusst die Fließfähigkeit (13,020 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g), die Schüttdichte (4,55,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³) und die Pressgleichmäßigkeit (Abweichung < 5 % ± 1 %). Die Morphologie wird durch den Herstellungsprozess (Plasma-Sphäroidisierung, Sprühtrocknung, Kugelmahlen) bestimmt und findet Anwendung beim thermischen Spritzen, bei Schneidwerkzeugen und in Verbundwerkstoffen. In diesem Abschnitt werden die Eigenschaften von kugelförmigen Partikeln, nahezu kugelförmigen Partikeln, unregelmäßigen Partikeln und flocken-/nadelförmigen Partikeln analysiert.

10.6.1.1 Sphärische Partikel (Sphärizität > 95 %)

10.6.1.1.1 Herstellungsverfahren: Plasma-Sphäroidisierung (Leistung 3050 kW)

Grundprinzip und technischer Überblick:
Sphärische Partikel werden durch Plasma-Sphäroidisierung hergestellt. Das Pulver (WC, Co, Partikelgröße 1050 μm±0,01 μm) wird im Plasma (Temperatur >10.000 °C±100 °C, Leistung 3050 kW±1 kW) geschmolzen und verfestigt. Die Sphärizität beträgt >95 %±2 %. Der Prozess steuert den Gasfluss (Ar /H_2 , Durchflussrate 50–100 l/min±1 l/min) und die Abkühlrate (>10^4 K/s±10^3 K/s), um eine glatte Oberfläche (Ra <0,1 ±0,01 μm) zu gewährleisten.

Bei der Anlage handelt es sich um einen Plasma-Sphäroidisierungsofen (Elektrodenlebensdauer > 100 ± 10 Stunden). Die Prüfungen umfassen die Sphärizität (ISO 13322, Genauigkeit ± 1 %) und die Partikelgröße (Laser-Partikelgrößenanalysator, Genauigkeit ± 0,01 μm). Beispielsweise beträgt die Sphärizität von kugelförmigem WC6Co-Pulver (Partikelgröße 20 μm ± 0,01 μm) 98 % ± 1 %, und die Oberflächenfehler liegen bei < 0,01 % ± 0,001 %.

Mechanismus und Analyse:
Hochtemperaturplasma (Ionisierungsgrad > 90 % ± 2 %) schmilzt das Pulver (Schmelzpunkt ~ 2800 °C ± 50 °C), die Oberflächenspannung (1 N/m ± 0,1 N/m) führt zur Kugelbildung der Partikel, und schnelles Abkühlen (> 10^4 K/s ± 10^3 K/s) fixiert die Morphologie. SEM zeigt, dass die Partikeloberfläche glatt (Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm) und ohne Kanten und Ecken ist (Abweichung < 0,01 % ± 0,001 %). XRD bestätigt die WC-Phase (2θ 35,6° ± 0,1°) und kein Oxid (O < 0,05 % ±

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

0,01 %). Der Sphärizitätstest zeigt, dass 98 % ± 1 % besser sind als Sprühtrocknung (90 % ± 2 %).

Analyse der Einflussfaktoren

Leistung: 40 kW ± 1 kW, Sphärizität > 95 % ± 2 %; < 30 kW ± 1 kW, Sphärizität nimmt um 10 % ± 2 % ab.

Partikelgröße: 1030 μm±0,01 μm , hohe Sphäroidisierungsrate; >50 μm±0,01 μm , Sphärizität nimmt um 5 %±1 % ab.

Luftstrom: 80 l/min ± 1 l/min, gleichmäßige Kühlung; <50 l/min ± 1 l/min, Defektrate steigt um 10 % ± 2 %.

Pulverreinheit: >99,9 % ± 0,01 %, weniger Oxidation; <99,5 % ± 0,01 %, O-Gehalt um 20 % ± 3 % erhöht.

Abkühlrate: >10^4 K/s±10^3 K/s, glatte Oberfläche; <10^3 K/s±10^2 K/s, Ra-Anstieg von 15 %±3 %.

Beispielsweise sinkt die Sphärizität von WC6Co (Leistung 30 kW ± 1 kW) auf 90 % ± 2 %.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Sphärizität > 95 % ± 2 % zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:

Leistungsoptimierung: 4050 kW ± 1 kW, Vollschmelzung.

Partikelgrößenkontrolle: 1030 μm ± 0,01 μm , Verbesserung der Sphäroidisierungsrate.

Luftstromeinstellung: 80100 l/min ± 1 l/min, gleichmäßige Kühlung.

Pulverreinheit: >99,9 % ± 0,01 %, wodurch Defekte reduziert werden.

Prüfvorschrift: ISO 13322 (Sphärizität), Laser-Partikelgrößenanalyse.

Beispielsweise hat WC6Co (40 kW ± 1 kW, 20 μm ± 0,01 μm) eine Sphärizität von 98 % ± 1 %.

10.6.1.1.2 Auswirkungen auf die Leistung: Fließfähigkeit 13,014,0 Sekunden/50 g, Schüttdichte 4,85,1 g/cm³

Grundprinzip und technischer Überblick:

Sphärische Partikel haben eine Fließfähigkeit von 13,014,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g (ASTM B213), eine Schüttdichte von 4,85,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ und eine hohe Sphärizität (> 95 % ± 2 %), wodurch die Reibung zwischen den Partikeln reduziert wird (Reibungskoeffizient < 0,3 ± 0,05). Geeignet für thermisches Spritzen (Beschichtungsdichte > 99 % ± 0,1 %) und 3D-Druck (Gleichmäßigkeit der Pulververteilung < 0,1 mm ± 0,01 mm).

Zu den Tests gehören Fließfähigkeit (ASTM B213, Genauigkeit ±0,1 s/50 g), Schüttdichte (ASTM B212, Genauigkeit ±0,01 g/cm³) und Schüttmorphologie (SEM, Auflösung <0,1 ±0,01 μm). Beispielsweise beträgt die Fließfähigkeit von kugelförmigem WC6Co-Pulver 13,5 s/50 g ±0,1 s/50 g und die Schüttdichte 5,0 g/cm³ ±0,01 g/cm³.

Mechanismus und Analyse

Kugelförmige Partikel haben weniger Kontaktpunkte (<5 Punkte/Partikel ±1 Punkt), einen geringen Rollwiderstand (<0,1 N ± 0,01 N) und eine Fluidität von 13,5 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g. Regelmäßiges Stapeln (Stapelfaktor ~0,64 ± 0,01) erhöht die Schüttdichte (5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³).

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

SEM zeigt, dass die Lücken zwischen den Partikeln gleichmäßig sind (<0,1 μm ± 0,01 μm) und es keine Brückenbildung gibt (Abweichung <0,01 % ± 0,001 %). Der Fluiditätstest zeigt, dass 13,5 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g besser sind als der Wert von nahezu kugelförmigen Partikeln (15,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g).

Analyse der Einflussfaktoren

Sphärizität: >95 % ± 2 %, ausgezeichnete Fließfähigkeit; <90 % ± 2 %, Fließfähigkeit um 10 % ± 2 % verringert.

Partikelgröße: 1030 μm±0,01 μm , hohe Dichte; >50 μm±0,01 μm , Porosität um 10 %±2 % erhöht.

Oberflächenrauheit: Ra <0,1 μm ± 0,01 μm , Fließfähigkeit erhöht sich um 5 % ± 1 %; >0,2 μm ± 0,01 μm , Fließfähigkeit verringert sich um 10 % ± 2 %.

Partikelverteilung: einzelner Peak (D50~20 μm±0,01 μm), gleichmäßige Packung; breite Verteilung, Dichteabfall 5 %±1 %.

Luftfeuchtigkeit: <0,1 % ± 0,01 %, die Fließfähigkeit ist stabil; >0,5 % ± 0,01 %, die Fließfähigkeit nimmt um 15 % ± 3 % ab.

Beispielsweise sinkt die Fließfähigkeit von WC6Co (Sphärizität 90 % ± 2 %) auf 15,0 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Fließfähigkeit von 13,014,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g und eine Schüttdichte von 4,85,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ zu erreichen. Empfohlen:

Kontrolle der Sphärizität: >95 % ± 2 %, optimierte Plasmaparameter.

Optimierte Partikelgröße: 1030 μm ± 0,01 μm , unimodale Verteilung.

Oberflächenbehandlung: Ra <0,1 μm ± 0,01 μm , reduziert Reibung.

Umweltkontrolle: Luftfeuchtigkeit <0,1 % ± 0,01 %, Agglomeration vermeiden.

Prüfspezifikationen: ASTM B213 (Fließfähigkeit), ASTM B212 (Dichte).

Beispielsweise hat WC6Co (Sphärizität 98 % ± 1 %) eine Fluidität von 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g und eine Dichte von 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

10.6.1.1.3 Anwendung: Thermisches Spritzen (HVOF, Beschichtungsporosität <1%) und 3D-Druck

Grundprinzipien und technischer Überblick

Sphärische Partikel eignen sich aufgrund ihrer hervorragenden Fließfähigkeit (13,5 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g) und Schüttdichte (5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³) für das thermische HVOF-Spritzen (Beschichtungsporosität <1 % ± 0,1 %) und den 3D-Druck (SLM, Dichte > 98 % ± 0,1 %). HVOF-Spritzgeschwindigkeit > 500 m/s ± 10 m/s, 3D-Druckschichtdicke 50100 μm ± 1 μm , erfüllt die Anforderungen an Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m) und hohe Präzision (< 0,1 mm ± 0,01 mm).

Zu den Tests gehören Beschichtungsporosität (ISO 4505, Genauigkeit ±0,01 %), Dichte (ISO 3369, Genauigkeit ±0,01 g/cm³) und Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³/ Nm).

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

Beispielsweise beträgt die Porosität der WC6CoHVOF-Beschichtung 0,8 % ±0,1 %, und die Dichte von SLM-Teilen beträgt 98,5 % ±0,1 %.

Mechanismus und Analyse:

Der gleichmäßige Fluss sphärischer Partikel (Abweichung <0,1 % ± 0,01 %) gewährleistet eine dichte HVOF-Beschichtung (Porosität 0,8 % ± 0,1 %), und die hohe Packungsdichte (5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³) verbessert die Stabilität des SLM-Schmelzbads (Schmelzbadtiefe ~100 µm ± 10 µm). Die Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass die HVOF-Beschichtung kleine Poren (<0,1 µm ± 0,01 µm) aufweist und die Körner der SLM-Teile gleichmäßig sind (12 µm ± 0,01 µm). Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate der HVOF-Beschichtung 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m und die der SLM-Teile 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m beträgt .

Analyse der Einflussfaktoren

Sphärizität: >95 % ± 2 %, die Beschichtung ist dicht; <90 % ± 2 %, die Porosität nimmt um 20 % ± 3 % zu.

Partikelgröße: 1030 µm±0,01 µm , gleichmäßiges Sprühen; >50 µm±0,01 µm , Porosität um 10 %±2 % erhöht.

Sprühgeschwindigkeit: >500 m/s±10 m/s, die Beschichtung ist dicht; <300 m/s±10 m/s, die Porosität erhöht sich um 15 %±3 %.

Druckleistung: 300400 W±10 W, hohe Dichte; <200 W±10 W, Dichte sinkt um 5 %±1 %.

Nachbehandlung: HIP reduziert die Porosität um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise erhöht sich die Porosität der WC6Co-HVOF-Beschichtung (Sphärizität 90 % ± 2 %) auf 1,5 % ± 0,1 %.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Beschichtungsporosität von <1 % ± 0,1 % und eine 3D-Druckdichte von >98 % ± 0,1 % zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:

Partikeloptimierung: Sphärizität > 95 % ± 2 %, Partikelgröße 1030 µm ± 0,01 µm .

HVOF-Parameter: Geschwindigkeit >500 m/s±10 m/s, Leistung 50100 kW±5 kW.

SLM-Parameter: Leistung 300400 W±10 W, Schichtdicke 5080 µm±1 µm .

Nachbehandlung: HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa).

Prüfspezifikationen: ISO 4505 (Porosität), ASTM G65 (Abrieb).

Technische Anwendung

Verschleißfeste Beschichtung

HVOFWC6Co (Porosität 0,8 % ± 0,1 %) Lebensdauer > 10⁴ Stunden ± 10³ Stunden.

Benutzerdefinierte Teile

SLMWC6Co (Dichte 98,5 % ± 0,1 %), Genauigkeit < 0,1 mm ± 0,01 mm.

Luftfahrtdüse

HVOFWC6Co (Verschleißrate 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) Lebensdauer >10 ⁴ Stunden±10³ Stunden.

Diese Anwendungen zeigen, dass sphärische Partikel die Beschichtungs- und Druckqualität

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

verbessern.

10.6.1.2 Nahezu kugelförmige Partikel aus Hartmetall (Sphärizität 80 % – 95 %)

10.6.1.2.1 Herstellungsverfahren für nahezu kugelförmige Hartmetallpartikel: Sprühtrocknen und Sintern

Hartmetallpartikel. Grundprinzipien und technischer Überblick.

Durch Sprühtrocknen (WC-Aufschlämmung, Co, Feststoffgehalt 50 %–70 % ± 1 %) und Sintern (1000–1200 °C ± 10 °C) werden nahezu kugelförmige Partikel mit einer Kugelform von 80 %–95 % ± 2 % hergestellt. Beim Sprühtrocknen werden Düse (Öffnung 0,52 mm ± 0,01 mm) und Luftstrom (100–200 l/min ± 1 l/min) gesteuert. Beim Sintern wird das Bindemittel (PVA < 5 % ± 0,1 %) entfernt und Partikel (1050 µm ± 0,01 µm) gebildet.

Zur Ausstattung gehören ein Sprühtrocknungsturm (Höhe 510 m±0,1 m) und ein Sinterofen (Leistung 50100 kW±5 kW).

Die Tests umfassen die Sphärizität (ISO 13322, Genauigkeit ±1 %) und die Partikelgröße (Laser-Partikelgrößenanalysator, Genauigkeit ±0,01 µm). Beispielsweise beträgt die Sphärizität des nahezu sphärischen WC8Co-Pulvers 90 % ±2 % und die Partikelgröße 30 µm ±0,01 µm .

Mechanismus und Analyse nahezu sphärischer Hartmetallpartikel

. Sprühtrocknung bildet Tröpfchen (Durchmesser 50200 µm ± 1 µm). Die Oberflächenspannung (0,07 N/m ± 0,01 N/m) führt zur nahezu sphärischen Formgebung und zur Morphologie der Sinterverfestigung (Schrumpfung < 5 % ± 1 %). Die Rasterelektronenmikroskopie (SEM) zeigt eine leicht rauhe Partikeloberfläche (Ra 0,2 µm ± 0,01 µm) und eine Sphärizität von 90 % ± 2 %. XRD bestätigt die WC-Phase (2θ ~ 35,6° ± 0,1°) und das Fehlen einer Verunreinigungsphase (C/W < 1,0 ± 0,1).

Der Sphärizitätstest zeigte, dass 90 % ± 2 % niedriger waren als bei der Plasmasphäroidisierung (98 % ± 1 %).

Analyse der Faktoren, die die nahezu kugelförmige Form von Hartmetallpartikeln beeinflussen

Aufschlämmungskonzentration: 60 % ± 1 %, hohe Sphärizität; < 50 % ± 1 %, Sphärizität nimmt um 10 % ± 2 % ab.

Luftstrom: 150 l/min ± 1 l/min, gleichmäßige Tröpfchen; <100 l/min ± 1 l/min, die Rundheit nimmt um 5 % ± 1 % ab.

Sintertemperatur: 1100 °C ± 10 °C, stabile Morphologie; > 1200 °C ± 10 °C, Partikelhaftung 10 % ± 2 %.

Düsenöffnung: 1 mm ± 0,01 mm, mittlere Partikelgröße; > 2 mm ± 0,01 mm, Partikelgrößenabweichung erhöht sich um 15 % ± 3 %.

Bindemittel: <5 % ± 0,1 %, wenig Rückstand; >10 % ± 0,1 %, Porosität um 10 % ± 2 % erhöht.

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

Beispielsweise wird die Sphärizität von WC8Co (Aufschlämmung 50 % ± 1 %) auf 85 % ± 2 % reduziert.

Die Optimierungsstrategie für
nahezu sphärische Hartmetallpartikel besteht darin, eine Sphärizität von 80 % 95 % ± 2 % zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:
Schlammoptimierung: Feststoffgehalt 60 % 70 % ± 1 %, Viskosität 0,1 0,5 Pa·s ± 0,01 Pa·s .
Luftstromregelung: 150200 l/min ± 1 l/min, gleichmäßige Tröpfchen.
Sinteroptimierung: 1100°C±10°C, Haltezeit 12h±0,1h.
Düse: Öffnung 1 mm ± 0,01 mm, zur Kontrolle der Partikelgröße.
Prüfvorschrift: ISO 13322 (Sphärizität), Laser-Partikelgrößenanalyse.

Beispielsweise hat WC8Co (Aufschlämmung 60 % ± 1 %) eine Sphärizität von 90 % ± 2 %.

10.6.1.2.2 Einfluss nahezu sphärischer Carbidpartikel auf die Eigenschaften
Fließfähigkeit 14,516,0 Sekunden/50 g, Pressgleichmäßigkeit um 10 % verbessert

Hartmetallpartikel – Grundprinzipien und technischer Überblick:
Nahezu kugelförmige Partikel haben eine Fließfähigkeit von 14,516,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g, und die Gleichmäßigkeit des Pressens ist um 10 % ± 2 % verbessert (Dichteabweichung < 0,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³), was für die Pulvermetallurgie geeignet ist (Dichte > 99 % ± 0,1 %). Die Sphärizität von 80 %–95 % ± 2 % gleicht Fließfähigkeit und Kosten aus, und die Schüttdichte beträgt 4,54,8 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

Zu den Tests gehören Fließfähigkeit (ASTM B213, Genauigkeit ±0,1 s/50 g), Pressdichte (ISO 3927, Genauigkeit ±0,01 g/cm³) und Partikelmorphologie (SEM, Auflösung <0,1 ±0,01 μm). Beispielsweise beträgt die Fließfähigkeit von nahezu kugelförmigem WC8Co-Pulver 15,0 s/50 g ±0,1 s/50 g und die Pressdichte 7,5 g/cm³ ±0,01 g/cm³.

Mechanismus und Analyse nahezu sphärischer
Hartmetallpartikel. Nahezu sphärische Partikel weisen moderate Kontaktpunkte (510 Punkte/Partikel ± 1 Punkt), einen Reibungskoeffizienten von 0,30,5 ± 0,05 und eine Fließfähigkeit von 15,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g auf. Die Schüttdichte von 4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ ist auf die regelmäßige Morphologie zurückzuführen (Stapelfaktor ~ 0,60 ± 0,01). Die Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass die Abstände zwischen den Partikeln geringfügig größer sind (0,10,2 μm ± 0,01 μm) und die Dichte nach dem Pressen gleichmäßig ist (Abweichung < 0,1 % ± 0,01 %).

Der Fließfähigkeitstest zeigt, dass 15,0 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g besser sind als unregelmäßige Partikel (> 16 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g).

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

Analyse der Faktoren, die die nahezu kugelförmige Form von Hartmetallpartikeln beeinflussen

Sphärizität: 90 % ± 2 %, ausgezeichnete Fließfähigkeit; < 80 % ± 2 %, Fließfähigkeit nimmt um 10 % ± 2 % ab.

Partikelgröße: 2040 μm±0,01 μm , gleichmäßiges Pressen; >50 μm±0,01 μm , Dichteabweichung erhöht sich um 10 %±2 %.

Oberflächenrauheit: Ra~0,2 μm±0,01 μm , mäßige Fließfähigkeit; >0,5 μm±0,01 μm , Fließfähigkeit nimmt um 15 %±3 % ab.

Partikelverteilung: D50~30 μm±0,01 μm , gute Stapelung; breite Verteilung, Dichtereduzierung 5 %±1 %.

Pressdruck: 200 MPa±1 MPa, hohe Gleichmäßigkeit; <100 MPa±1 MPa, Abweichung erhöht sich um 10 %±2 %.

Beispielsweise sinkt die Fließfähigkeit von WC8Co (Sphärizität 80 % ± 2 %) auf 16,0 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g.

Die Optimierungsstrategie für

nahezu sphärische Hartmetallpartikel besteht darin, eine Fluidität von 14,516,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g und eine Erhöhung der Gleichmäßigkeit um 10 % ± 2 % zu erreichen. Empfehlungen:

Optimierung der Sphärizität: 80 % 95 % ± 2 %, Sprühparameter anpassen.

Partikelgrößenkontrolle: 2040 μm±0,01 μm , unimodale Verteilung.

Oberflächenoptimierung: Ra<0,2 μm±0,01 μm , reduzierte Reibung.

Pressoptimierung: Druck 200–300 MPa ± 1 MPa, gleichmäßige Dichte.

Prüfvorschriften: ASTM B213 (Fließfähigkeit), ISO 3927 (Pressdichte).

Beispielsweise hat WC8Co (Sphärizität 90 % ± 2 %) eine Fließfähigkeit von 15,0 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g und eine Gleichmäßigkeitssteigerung von 10 % ± 2 %.

10.6.1.2.3 Anwendungen von nahezu sphärischen Hartmetallpartikeln: Hartmetallwerkzeuge und verschleißfeste Teile

Grundprinzipien und technischer Überblick

Nahezu kugelförmige Partikel eignen sich aufgrund ihrer Fließfähigkeit (15,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g) und Gleichmäßigkeit der Verdichtung (Zunahme 10 % ± 2 %) für Hartmetallwerkzeuge (Lebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde) und verschleißfeste Teile (Verschleißrate < 0,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/ N·m$). Durch das pulvermetallurgische Verfahren (Sintern 1450 °C ± 10 °C) entsteht eine dichte Struktur (> 99 % ± 0,1 %).

Geprüft werden unter anderem Standzeit (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 $mm^3/ N·m$) und Dichte (ISO 3369, Genauigkeit ±0,01 g/cm^3).

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

Beispielsweise beträgt die Standzeit von WC8Co 12 Stunden ± 1 Stunde und die Verschleißrate verschleißfester Teile beträgt 0,05 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Mechanismus und Analyse:

Die nahezu kugelförmigen Partikel sind gleichmäßig gestapelt (Abweichung <0,1 % ± 0,01 %), wodurch Sinterdefekte reduziert werden (Porosität <0,5 % ± 0,1 %). Die Härte beträgt HV 1900 ± 30. Die gleichmäßige Pressung (Dichteabweichung <0,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³) verbessert die Werkzeuggenauigkeit (<0,1 mm ± 0,01 mm). Die Rasterelektronenmikroskopie (SEM) zeigt, dass der Sinterkörper gleichmäßige Körner (0,51 μm ± 0,01 μm) und kleine Poren (<0,1 μm ± 0,01 μm) aufweist.

Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von WC8Co 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m beträgt und damit besser ist als die von unregelmäßigen Partikeln (0,07 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse der Einflussfaktoren

Sphärizität: 90 % ± 2 %, hohe Dichte; < 80 % ± 2 %, Porosität um 10 % ± 2 % erhöht.
Partikelgröße: 2040 μm±0,01 μm , gute Gleichmäßigkeit; >50 μm±0,01 μm , Defektrate steigt um 10 %±2 %.
Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C, hervorragende Leistung; > 1500 °C ± 10 °C, Kornwachstum 10 % ± 2 %.
Pressdruck: 200 MPa ± 1 MPa, hohe Dichte; <100 MPa ± 1 MPa, Porosität um 15 % ± 3 % erhöht.
Co-Gehalt: 8 % ± 1 %, gute Zähigkeit; > 15 % ± 1 %, Härte sinkt um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate von WC8Co (Sphärizität 80 % ± 2 %) auf 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Werkzeugstandzeit von > 10 Stunden ± 1 Stunde und eine Verschleißrate von < 0,05 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m zu erreichen . Empfohlen:
Partikeloptimierung: Sphärizität 90 % ± 2 %, Partikelgröße 2040 μm ± 0,01 μm .
Pressoptimierung: Druck 200–300 MPa ± 1 MPa, Gleichmäßigkeit um 10 % ± 2 % erhöht.
Sinteroptimierung: 1450°C±10°C, Korngröße 0,51 μm±0,01 μm .
Co-Optimierung: 6 % 10 % ± 1 %, ausgewogene Leistung.
Prüfspezifikationen: ISO 3685 (Werkzeugstandzeit), ASTM G65 (Verschleiß).

Technische Anwendung

Schneidwerkzeug: WC8Co (Härte HV 1900±30), Lebensdauer 12 Stunden±1 Stunde.
Verschleißfeste Teile: WC8Co (Verschleißrate 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) Lebensdauer >10^4 Stunden±10^3 Stunden.
Form : WC8Co (Dichte > 99 % ± 0,1 %), Lebensdauer > 10^6-mal ± 10^5-mal.

Diese Anwendungen zeigen, dass nahezu kugelförmige Partikel die Anforderungen an die

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

Werkzeug- und Verschleißfestigkeit erfüllen.

10.6.1.3 Unregelmäßige Karbidpartikel

10.6.1.3.1 Unregelmäßige Karbidpartikel

Herstellungsverfahren: Mechanisches Kugelmahlen (Drehzahl 600–800 U/min)

Grundprinzip und technischer Überblick:
Unregelmäßige Partikel werden durch mechanisches Kugelmahlen (WC, Co, Partikelgröße 0,55 μm ± 0,01 μm) mit einer Rotationsgeschwindigkeit von 600–800 U/min ± 10 U/min, einem Kugel-Material-Verhältnis von 10:120:1 ± 1 und einer Mahlzeit von 412 Stunden ± 0,1 Stunden hergestellt. Die Prozesskosten sind niedrig (< 20 Yuan/kg ± 2 Yuan/kg), und die Partikelmorphologie ist zufällig (Sphärizität < 80 % ± 2 %).

Bei dem Gerät handelt es sich um eine Planetenkugelmühle (Tankvolumen 0,52 l ± 0,01 l). Die Tests umfassen Morphologie (SEM, Auflösung <0,1 μm ± 0,01 μm) und Partikelgröße (Laser-Partikelgrößenanalysator, Genauigkeit ± 0,01 μm). Beispielsweise beträgt die unregelmäßige Partikelgröße von WC6Co 2 μm ± 0,01 μm und die Sphärizität 60 % ± 2 %.

Mechanismus und Analyse:
Beim Kugelmahlen werden Partikel durch Aufprall (Energie 1 J/g ± 0,1 J/g) und Scherung (Schergeschwindigkeit $10^3\ s^{-1} \pm 10^2\ s^{-1}$) zerbrochen, wobei Kanten und Ecken (Winkel < 90° ± 5°) entstehen. Die Rasterelektronenmikroskopie zeigt eine rauhe Partikeloberfläche (Ra 0,5 μm ± 0,01 μm) und eine ungleichmäßige Morphologie (Abweichung < 0,2 % ± 0,02 %). Die Röntgenbeugung bestätigt die WC-Phase (2θ 35,6° ± 0,1°) und eine geringe Spannung (Gitterverzerrung < 0,1 % ± 0,01 %).

Der Morphologietest zeigte, dass die Sphärizität von 60 % ± 2 % niedriger war als die annähernde Sphärizität (90 % ± 2 %).

Analyse der Einflussfaktoren
Rotationsgeschwindigkeit: 700 U/min ± 10 U/min, mittlere Partikelgröße; > 800 U/min ± 10 U/min, Übermahlrate erhöht sich um 10 % ± 2 %.
Mahlzeit: 8 Stunden ± 0,1 Stunden, Morphologie ist stabil; > 12 Stunden ± 0,1 Stunden, Kontamination nimmt um 5 % ± 1 % zu.
Kugel-Material-Verhältnis: 15:1±1, hohe Effizienz; <10:1±1, Partikelgrößenabweichung erhöht sich um 10 %±2 %.
Medium: Ethanol, weniger Verschmutzung; Wasser, Oxidation erhöht sich um 10 % ± 2 %.
Pulverhärte: WC (HV > 2000 ± 50), schwer zu zerkleinern; Co, Verformungszunahme um 5 % ± 1 %.

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

Beispielsweise erhöht sich die Verunreinigung von WC6Co (900 U/min ± 10 U/min) auf 0,1 % ± 0,01 %.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Partikelgröße von 25 µm ± 0,01 µm und eine Kontamination < 0,05 % ± 0,01 % zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:
Drehzahloptimierung: 600–800 U/min ± 10 U/min, kontrolliertes Zerkleinern.
Zeitkontrolle: 68 Stunden ± 0,1 Stunden, Übermahlen vermeiden.
Kugel-Material-Verhältnis: 15:1±1, verbessert die Effizienz.
Mediumauswahl: Ethanol, Reinheit > 99,5 % ± 0,01 %.
Prüfspezifikationen: SEM (Morphologie), Laser-Partikelgrößenanalyse.

Beispielsweise hat WC6Co (700 U/min ± 10 U/min) eine Partikelgröße von 2 µm ± 0,01 µm und eine Verunreinigung von <0,05 % ± 0,01 %.

10.6.1.3.2 Auswirkungen auf die Leistung: Fließfähigkeit > 16 Sekunden/50 g, hohes Porenverhältnis (70 %–75 %)

Grundprinzip und technischer Überblick:
Unregelmäßige Partikel haben eine Fließfähigkeit von >16 s/50 g ± 0,1 s/50 g, eine Porosität von 70 %–75 % ± 2 % und eine Schüttdichte von <4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³. Kanten und Ecken erhöhen die Reibung (Reibungskoeffizient >0,5 ± 0,05), und die Pressdichte ist gering (<7 g/cm³ ± 0,01 g/cm³), was sie für kostengünstige Anwendungen geeignet macht.

Geprüft werden unter anderem Fließfähigkeit (ASTM B213, Genauigkeit ±0,1 s/50 g), Porosität (ASTM B212, Genauigkeit ±0,1 %) und Kompressionsverhalten (ISO 3927, Genauigkeit ±0,01 g/cm³). Beispielsweise beträgt die Fließfähigkeit unregelmäßiger WC6Co-Partikel 18 s/50 g ±0,1 s/50 g und die Porosität 72 % ±2 %.

Mechanismus und Analyse:
Unregelmäßige Partikel haben viele Kontaktpunkte (> 10 Punkte/Partikel ± 2 Punkte), hohe Reibung (> 0,2 N ± 0,01 N) und eine Fluidität von 18 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g. Der Porenanteil von 72 % ± 2 % ist auf zufällige Stapelung zurückzuführen (Stapelfaktor ~ 0,30 ± 0,01). Die Rasterelektronenmikroskopie (SEM) zeigt deutliche Brücken zwischen den Partikeln (Hohlräume 0,20,5 µm ± 0,01 µm). Der Fluiditätstest zeigt, dass 18 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g schlechter sind als die nahezu kugelförmige Partikelgröße (15,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g).

Analyse der Einflussfaktoren
Morphologie: Sphärizität <80 % ± 2 %, schlechte Fließfähigkeit; >80 % ± 2 %, Fließfähigkeit nimmt um 10 % ± 2 % zu.
Partikelgröße: 25 µm ± 0,01 µm , mäßige Porosität; > 10 µm ± 0,01 µm , Porosität nimmt um 10 %

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

± 2 % zu.
Oberflächenrauheit: Ra > 0,5 µm ± 0,01 µm , Fließfähigkeit nimmt um 15 % ± 3 % ab; < 0,2 µm ± 0,01 µm , Fließfähigkeit nimmt um 5 % ± 1 % zu.
Partikelverteilung: breite Verteilung, Hohlraumanteil um 10 %±2 % erhöht; einzelner Peak, Hohlraumanteil um 5 %±1 % verringert.
Luftfeuchtigkeit: >0,5 % ± 0,01 %, Fließfähigkeit nimmt um 20 % ± 3 % ab.
Beispielsweise erhöht sich die Porosität von WC6Co (Partikelgröße 10 µm ± 0,01 µm) auf 75 % ± 2 %.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Fließfähigkeit von <18 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g und eine Porenrate von <75 % ± 2 % zu erreichen. Empfohlen:
Morphologieoptimierung: Sphärizität >70 % ± 2 %, Reduzierung von Kanten und Ecken.
Partikelgrößenkontrolle: 25 µm±0,01 µm , unimodale Verteilung.
Oberflächenoptimierung: Ra<0,5 µm±0,01 µm , reduzierte Reibung.
Umweltkontrolle: Luftfeuchtigkeit <0,1 % ± 0,01 %, Agglomeration vermeiden.
Prüfspezifikationen: ASTM B213 (Fließfähigkeit), ASTM B212 (Hohlraumgehalt).
Beispielsweise hat WC6Co (Sphärizität 70 % ± 2 %) eine Fluidität von 17 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g und eine Porosität von 72 % ± 2 %.

10.6.1.3.3 Anwendung: Kostengünstige Verschleißschutzbeschichtung und Schruppwerkzeuge

Grundprinzip und Technologieübersicht
Unregelmäßige Partikel eignen sich aufgrund ihrer geringen Kosten (< 20 Yuan/kg ± 2 Yuan/kg) und ihrer hohen Porosität (72 % ± 2 %) für kostengünstige verschleißfeste Beschichtungen (Lebensdauer > 10^3 Stunden ± 100 Stunden) und Schruppwerkzeuge (Lebensdauer > 5 Stunden ± 0,5 Stunden). Durch thermisches Spritzen (APS) sowie Pressen und Sintern (1450 °C ± 10 °C) werden Strukturen (Dichte > 95 % ± 0,1 %) gebildet.

Die Tests umfassen die Beschichtungsleistung (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ N·m), die Werkzeugstandzeit (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm) und die Dichte (ISO 3369, Genauigkeit ±0,01 g/cm^3). Beispielsweise beträgt die Verschleißrate der WC6CoAPS-Beschichtung 0,08 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m und die Werkzeugstandzeit beim Schruppen 6 Stunden±0,5 Stunden.

Mechanismus und Analyse
Die hohe Porosität unregelmäßiger Partikel (72 % ± 2 %) verringert zwar die Dichte der Beschichtung (> 95 % ± 0,1 %), der Kostenvorteil liegt jedoch auf der Hand. Die Härte nach dem Pressen und Sintern beträgt HV 1600 ± 30, was für die Bearbeitung mit geringer Präzision (< 0,5 mm ± 0,01 mm) geeignet ist. Die SEM zeigt, dass die Beschichtung mehr Poren (0,10,5 µm ± 0,01 µm) aufweist und die Werkzeugkörner 25 µm ± 0,01 µm betragen . Verschleißtests zeigen eine Beschichtungsverschleißrate von 0,08 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m , was höher ist als bei HVOF

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

(0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m).

Analyse der Einflussfaktoren

Morphologie: Sphärizität <80 % ± 2 %, niedrige Kosten; >80 % ± 2 %, Dichte um 10 % ± 2 % erhöht.

Partikelgröße: 25 μm±0,01 μm , gleichmäßige Beschichtung; >10 μm±0,01 μm , Porosität nimmt um 10 %±2 % zu.

Sprühverfahren: APS, niedrige Kosten; HVOF, Verschleißrate um 50 % ± 5 % reduziert.

Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C, mäßige Leistung; > 1500 °C ± 10 °C, Kornwachstum 10 % ± 2 %.

Belastung: Bearbeitung mit niedriger Geschwindigkeit (<500 m/min±10 m/min), Werkzeug geeignet.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate einer WC6Co-Beschichtung (Partikelgröße 10 μm ± 0,01 μm) auf 0,1 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Beschichtungslebensdauer von > 10³ Stunden ± 100 Stunden und eine Werkzeuglebensdauer von > 5 Stunden ± 0,5 Stunden zu erreichen. Empfohlen:

Partikeloptimierung: Partikelgröße 25 μm±0,01 μm , Sphärizität >70 %±2 %.

Prozessoptimierung: APS (Leistung 3050 kW ± 5 kW), Sintern 1450°C ± 10°C.

Co-Optimierung: 6 % 10 % ± 1 %, ausgewogene Leistung.

Nachbearbeitung: Polieren Ra < 0,5 μm ± 0,01 μm , Verschleißrate um 10 % ± 2 % reduziert.

Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Verschleiß), ISO 3685 (Werkzeuglebensdauer).

Technische Anwendung

Verschleißfeste Beschichtung

WC6CoAPS (Verschleißrate 0,08 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m) Lebensdauer >10³h±100h.

Schruppwerkzeuge

WC6Co (Härte HV 1600±30) Lebensdauer 6 Stunden±0,5 Stunden.

Kostengünstige Teile

WC6Co (Dichte > 95 % ± 0,1 %), Lebensdauer > 10³ Stunden ± 100 Stunden.

Diese Anwendungen zeigen, dass unregelmäßige Partikel für kostengünstige Szenarien geeignet sind.

10.6.1.4 Flocken-/nadelförmige Partikel

10.6.1.4.1 Bildungsmechanismus: Unzureichende Kontrolle der Karbonisierungsreaktion

Grundprinzip und Technologieübersicht

Die flocken-/nadelförmigen Partikel entstehen aufgrund unzureichender Kontrolle der Karbonisierungsreaktion (Temperatur > 2000 °C ± 50 °C, C/W < 1,0 ± 0,1), und die WC-Kristalle wachsen vorzugsweise entlang einer bestimmten Kristallebene ((0001)-Ebene) mit einem

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

Aspektverhältnis > 5:1 ± 0,5. Der Prozess umfasst eine Hochtemperaturkarbonisierung (1800–2200 °C ± 10 °C) und eine schnelle Abkühlung (> 10^3 K/s ± 10^2 K/s), und die Partikelgröße beträgt 550 µm ± 0,01 µm .

Bei der Anlage handelt es sich um einen Karbonisierungsofen (Leistung 100–200 kW ± 10 kW). Die Tests umfassen Morphologie (REM, Auflösung < 0,1 µm ± 0,01 µm) und Kristallstruktur (XRD, Genauigkeit ± 0,1°). Beispielsweise beträgt das Längenverhältnis von WC-Flockenpartikeln 10:1 ± 0,5 und die Größe beträgt 20 µm ± 0,01 µm .

Mechanismus und Analyse

: Bei der Karbonisierungsreaktion führt unzureichender C-Gehalt (C/W < 1,0 ± 0,1) zum bevorzugten Wachstum von WC-Kristallen (Wachstumsrate 10^{-6} m/s ± 10^{-7} m/s), die Flocken (Dicke < 5 µm ± 0,01 µm) oder Nadeln (Durchmesser < 2 µm ± 0,01 µm) bilden. SEM zeigt, dass die Partikeloberfläche glatt (Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm) ist, die Kanten jedoch scharf sind (Winkel < 30° ± 5°). XRD bestätigt die hexagonale Struktur von WC (a 2,9 Å ± 0,01 Å), und die (0001)-Ebene ist verstärkt (Intensität > 50 % ± 5 %). Morphologische Untersuchungen zeigen, dass das Aspektverhältnis mit 10:1±0,5 höher ist als bei sphärischen Partikeln (1:1±0,1).

Analyse der Einflussfaktoren

Kohlenstoffgehalt: C/W~0,9±0,01, deutliche Flocken; >1,0±0,01, Sphärizität nimmt um 20 %±3 % zu.

Temperatur: 2000 °C ± 10 °C, überwiegend nadelförmig; < 1800 °C ± 10 °C, gleichmäßige Morphologie.

Abkühlrate: >10^3 K/s±10^2 K/s, hohes Aspektverhältnis; <10^2 K/s±10 K/s, Aspektverhältnis verringert sich um 10 %±2 %.

Atmosphäre: Ar , weniger oxidierend; CO, C-Abweichung erhöht sich um 10 % ± 2 %.

Pulverpartikelgröße: 520 µm±0,01 µm , stabile Morphologie; >50 µm±0,01 µm , Defekte nehmen um 10 %±2 % zu.

Beispielsweise wird das Aspektverhältnis von WC (C/W>1,0±0,01) auf 5:1±0,5 reduziert.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, ein Aspektverhältnis von >5:1±0,5 und eine Größe von 520 µm±0,01 µm zu erreichen .

Folgendes wird empfohlen:

Kontrolle des Kohlenstoffgehalts: C/W~0,9±0,01, fördert bevorzugtes Wachstum.

Temperaturoptimierung: 2000 °C ± 10 °C, verbesserte Flocke/Nadel.

Kühloptimierung: >10^3 K/s±10^2 K/s, feste Form.

Atmosphärenkontrolle: Ar , Reinheit > 99,9 % ± 0,01 %.

Prüfspezifikationen: SEM (Morphologie), XRD (Kristallstruktur).

Beispielsweise hat WC (2000 °C ± 10 °C, C/W ~ 0,9 ± 0,01) ein Seitenverhältnis von 10:1 ± 0,5.

10.6.1.4.2 Auswirkungen auf die Leistung: schlechte Fließfähigkeit (>20 Sekunden/50g), geringe Schüttdichte (<4,5 g/cm³)

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

Grundprinzipien und technischer Überblick

Die Fließfähigkeit flocken-/nadelförmiger Partikel beträgt >20 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g, die Schüttdichte <4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³, das Aspektverhältnis (>5:1 ± 0,5) erhöht die Partikelverschränkung (Verschränkungsrate >50 % ± 5 %) und die Porenzahl >75 % ± 2 %. Es eignet sich für spezielle Verbundwerkstoffe und Katalysatorträger.

Zu den Tests gehören Fließfähigkeit (ASTM B213, Genauigkeit ±0,1 s/50 g), Schüttdichte (ASTM B212, Genauigkeit ±0,01 g/cm³) und Morphologie (SEM, Auflösung <0,1 μm±0,01 μm). Beispielsweise beträgt die Fließfähigkeit von WC-Flockenpartikeln 22 s/50 g±0,1 s/50 g und die Schüttdichte 4,0 g/cm³±0,01 g/cm³.

Mechanismus und Analyse:
Die Kontaktfläche der flockigen/nadelförmigen Partikel ist groß (>100 μm²/Partikel ±10 μm²), die Reibung ist hoch (>0,5 N ± 0,05 N) und die Fluidität beträgt 22 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g. Die Schüttdichte von 4,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ ist auf ungeordnete Stapelung zurückzuführen (Stapelfaktor ~0,25 ± 0,01). Die SEM zeigt große Lücken zwischen den Partikeln (0,51 μm ± 0,01 μm) und eine deutliche Verwicklung. Der Fluiditätstest zeigt, dass 22 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g schlechter sind als bei unregelmäßigen Partikeln (18 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g).

Analyse der Einflussfaktoren
Seitenverhältnis: >5:1±0,5, schlechte Fließfähigkeit; <3:1±0,5, Fließfähigkeit erhöht sich um 10 %±2 %.
Partikelgröße: 520 μm±0,01 μm , mäßige Stapelung; >50 μm±0,01 μm , Porenanteil um 10 %±2 % erhöht.
Oberflächenrauheit: Ra <0,2 μm ± 0,01 μm , Fließfähigkeit erhöht sich um 5 % ± 1 %; >0,5 μm ± 0,01 μm , Fließfähigkeit verringert sich um 10 % ± 2 %.
Partikelverteilung: breite Verteilung, Porenanteil um 10 %±2 % erhöht; einzelne Spitze, Dichte um 5 %±1 % erhöht.
Luftfeuchtigkeit: >0,5 % ± 0,01 %, Fließfähigkeit nimmt um 20 % ± 3 % ab.
Beispielsweise erhöht sich die Fließfähigkeit von WC (Seitenverhältnis 3:1±0,5) auf 20 Sek./50 g±0,1 Sek./50 g.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Fließfähigkeit <22 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g und eine Schüttdichte >4,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:
Morphologieoptimierung: Seitenverhältnis <5:1±0,5, wodurch die Verwicklung reduziert wird.
Partikelgrößenkontrolle: 520 μm±0,01 μm , unimodale Verteilung.
Oberflächenoptimierung: Ra<0,2 μm±0,01 μm , reduzierte Reibung.
Umweltkontrolle: Luftfeuchtigkeit <0,1 % ± 0,01 %, Agglomeration vermeiden.

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

Prüfspezifikationen: ASTM B213 (Fließfähigkeit), ASTM B212 (Dichte).
Beispielsweise hat WC (Seitenverhältnis 5:1±0,5) eine Fließfähigkeit von 21 s/50 g±0,1 s/50 g und eine Dichte von 4,2 g/cm³±0,01 g/cm³.

10.6.1.4.3 Anwendung von Hartmetall: Hartmetall-Spezialverbundwerkstoffe und Katalysatorträger

Grundprinzipien und technischer Überblick
Plättchenförmige/nadelförmige Partikel eignen sich aufgrund ihrer hohen spezifischen Oberfläche (>10 m²/g±1 m²/g) und Porosität (>75 %±2 %) für spezielle Verbundwerkstoffe (Festigkeit >100 MPa±10 MPa) und Katalysatorträger (katalytische Effizienz >80 %±2 %). Sie können durch Hochtemperatursintern (1450 °C±10 °C) oder ein Hybridverfahren hergestellt werden, um den Anforderungen an geringes Gewicht und Katalyse gerecht zu werden.

Die Tests umfassen die spezifische Oberfläche (BET, Genauigkeit ±0,1 m²/g), die katalytische Leistung (MOR, Genauigkeit ±10 mA/cm²) und die Festigkeit (ISO 3327, Genauigkeit ±10 MPa). Beispielsweise beträgt die Festigkeit des WC-Flockenpartikel-Verbundwerkstoffs 120 MPa ±10 MPa und die katalytische Effizienz 85 % ±2 %.

Mechanismus und Analyse
Die hohe spezifische Oberfläche flockiger/nadelförmiger Partikel (10 m²/g ± 1 m²/g) verbessert die katalytische Aktivität (MOR-Strom > 400 mA/cm² ± 10 mA/cm²), und die Porosität (> 75 % ± 2 %) erhöht das geringe Gewicht der Verbundwerkstoffe (Dichte < 5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³). Die Rasterelektronenmikroskopie (SEM) zeigt, dass die Partikel gleichmäßig verteilt sind (Abweichung < 0,1 % ± 0,01 %) und große Poren aufweisen (0,51 μm ± 0,01 μm). Katalytische Tests zeigen, dass die Effizienz flockiger WC-Partikel 85 % ± 2 % beträgt und damit besser ist als die von sphärischen Partikeln (70 % ± 2 %).

Analyse der Einflussfaktoren
Seitenverhältnis: >5:1±0,5, hohe spezifische Oberfläche; <3:1±0,5, Effizienz sinkt um 10 %±2 %.
Partikelgröße: 520 μm±0,01 μm , gute katalytische Leistung; >50 μm±0,01 μm , Effizienz sinkt um 10 %±2 %.
Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C, die Struktur ist stabil; > 1500 °C ± 10 °C, die Porosität nimmt um 10 % ± 2 % ab.
Matrixmaterial: Polymer, mittlere Festigkeit; Keramik, Festigkeit um 20 % ± 3 % erhöht.
Umgebung: Sauer (pH < 3 ± 0,1), katalytische Effizienz um 15 % ± 3 % verringert.
beispielsweise die katalytische Effizienz von WC (Partikelgröße 50 μm ± 0,01 μm) auf 75 % ± 2 %.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine katalytische Effizienz von > 80 % ± 2 % und eine Festigkeit von > 100 MPa ± 10 MPa zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:
Partikeloptimierung: Aspektverhältnis > 5:1 ± 0,5, Partikelgröße 520 μm ± 0,01 μm .

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

Sinteroptimierung: 1450 °C ± 10 °C, Erhaltung der Porosität.
Substratauswahl: Keramik oder Polymer, ausgewogene Eigenschaften.
Oberflächenoptimierung: Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm , katalytische Aktivität um 5 % ± 1 % erhöht.
Testspezifikationen: BET (spezifische Oberfläche), MOR (katalytische Leistung).

Technische Anwendung

Hartmetall-Verbundwerkstoffe
Das Gewicht der WC-Flockenpartikel (Festigkeit 120 MPa ± 10 MPa) wird um 20 % ± 3 % reduziert.

Katalysatorträger aus Hartmetall
Nadelförmige WC-Partikel (Effizienz 85 % ± 2 %) haben eine Lebensdauer von > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden.

Leichtbauteile aus Hartmetall
WC-Flockenpartikel (Dichte <5 g/cm³±0,01 g/cm³) Festigkeit >100 MPa±10 MPa.
Diese Anwendungen zeigen, dass plättchen-/nadelförmige Partikel bestimmte Anforderungen erfüllen.

10.6.2 Klassifizierung nach der Geometrie des Endprodukts

Die fertigen Hartmetallprodukte sind in Lamellenform (Klingen, Platten), stabförmig/zylindrisch (Bohrer, Fräser), mit komplexer Geometrie (Formen, Düsen) und in kundenspezifischen/nicht standardmäßigen Formen erhältlich. Diese beeinflussen die Spannungsverteilung (Spannungskonzentrationsfaktor <1,5±0,1), die Bearbeitungsgenauigkeit (<0,1 mm±0,01 mm) und die Lebensdauer (>10 Stunden±1 Stunde bis >10^6-mal±10^5-mal). Sie werden durch Pressen, Sintern, Schleifen oder additive Fertigung hergestellt, um den Anforderungen der CNC-Bearbeitung, des Tieflochbohrens und der Herstellung von Präzisionsformen gerecht zu werden.

In diesem Abschnitt werden die Eigenschaften von Hartmetallplatten, Hartmetallstäben/Zylinderhartmetall, komplexen geometrischen Formen sowie kundenspezifischen und nicht standardmäßigen Formen analysiert.

10.6.2.1 Lamellenhartmetall (Klingen, Platten)

10.6.2.1.1 Eigenschaften von Hartmetallplatten (Klingen, Platten): Dicke 0,510 mm, Schneidenradius <50 μm

Grundprinzip und technischer Überblick
Lamellenhartmetall (Dicke 0,510 mm ± 0,01 mm) wird durch Pulverpressen (200–300 MPa ± 1 MPa) und Sintern (1450 °C ± 10 °C) hergestellt, mit einem Schneidkantenradius <50 μm ± 1 μm und einer Oberflächenrauheit Ra <0,2 μm ± 0,01 μm . Es eignet sich für

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

Hochgeschwindigkeitsschnitte (> 1000 m/min ± 10 m/min) und hohe Präzision (< 0,1 mm ± 0,01 mm).

Zur Ausstattung gehören eine CNC-Presse (Genauigkeit ±0,01 mm) und eine Schleifmaschine (Auflösung <1 μm ±0,1 μm). Geprüft werden die geometrische Genauigkeit (ISO 1832, Genauigkeit ±0,01 mm) und die Kantenqualität (optisches Mikroskop, Auflösung <1 μm ±0,1 μm). Beispielsweise hat eine P10-Klinge eine Dicke von 3 mm ±0,01 mm und einen Kantenradius von 40 μm ±1 μm .

Mechanismus und Analyse:
Die dünne Scheibe (Dicke 0,510 mm ± 0,01 mm) reduziert den Schnittwiderstand (<100 N ± 10 N), und der Kantenradius <50 μm ± 1 μm verbessert die Schnittgenauigkeit (Oberflächenrauheit Ra <0,5 μm ± 0,01 μm). Nach dem Sintern beträgt die Korngröße 0,51 μm ± 0,01 μm , die Härte HV 1900 ± 30. SEM zeigt, dass an der Kante keine Absplitterungen (Defekte <1 μm ± 0,1 μm) vorhanden sind und die Oberfläche glatt ist (Ra <0,2 μm ± 0,01 μm). Geometrische Tests zeigen, dass die Genauigkeit <0,1 mm ± 0,01 mm besser ist als die des Stabes (<0,5 mm ± 0,01 mm).

Analyse der Einflussfaktoren
Dicke: 35 mm ± 0,01 mm, hohe Festigkeit; <0,5 mm ± 0,01 mm, Bruchrate erhöht sich um 10 % ± 2 %.
Schneidkantenradius: <50 μm±1 μm , ausgezeichnete Präzision; >100 μm±1 μm , Schnittkraft um 15 %±3 % erhöht.
Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , hohe Härte; > 2 μm ± 0,01 μm , Härteabfall um 10 % ± 2 %.
Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C, gleichmäßige Struktur; > 1500 °C ± 10 °C, Kornwachstum 10 % ± 2 %.
Schleifgenauigkeit: <1 μm±0,1 μm , gute Kantenqualität; >5 μm±0,1 μm , Kantenabsplitterungsrate erhöht sich um 10 %±2 %.
Beispielsweise erhöht sich die Schnittkraft einer P10-Wendeplatte (Kante 100 μm ± 1 μm) auf 120 N ± 10 N.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Dicke von 0,510 mm ± 0,01 mm und einen Schneidkantenradius von < 50 μm ± 1 μm zu erreichen . Folgendes wird empfohlen:
Pressoptimierung: Druck 200–300 MPa ± 1 MPa, gleichmäßige Dicke.
Sinteroptimierung: 1450°C±10°C, Korngröße 0,51 μm±0,01 μm .
Schleifoptimierung: Genauigkeit <1 μm±0,1 μm , Schneidenradius <50 μm±1 μm .
Co-Optimierung: 6 % 10 % ± 1 %, Ausgleich von Härte und Zähigkeit.
Prüfvorschrift: ISO 1832 (Geometrie), Lichtmikroskop (Kante).
Beispielsweise beträgt die Genauigkeit einer P10-Klinge (Kante 40 μm ± 1 μm) < 0,1 mm ± 0,01 mm.

10.6.2.1.2 Leistungsanforderungen an Hartmetallplatten (Klingen, dünne Platten): Härte HV

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

1600-2000, Schnittlebensdauer > 10 Stunden

Grundlagen und technischer Überblick:

Die Härte von Lamellenhartmetall sollte HV 1600–2000 ± 30 betragen, die Schnittlebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde, die Zähigkeit K_{1} c 1012 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, geeignet für CNC-Bearbeitung (Geschwindigkeit > 1000 m/min ± 10 m/min). Korn 0,51 μm ± 0,01 μm , Co-Gehalt 6 %–10 % ± 1 %, oft ergänzt durch eine Beschichtung (TiAlN , Dicke 25 μm ± 0,1 μm).

Geprüft werden unter anderem Härte (ASTM E92, Belastung 10 kg ± 0,1 kg), Lebensdauer (ISO 3685, Genauigkeit ± 0,01 mm) und Verschleiß (ASTM G99, Genauigkeit ± 0,01 mm^{3}/ N·m). Beispielsweise hat eine P10-Klinge eine Härte von HV 1900 ± 30 und eine Lebensdauer von 12 Stunden ± 1 Stunde.

Mechanismusanalyse:

Feine Körner (0,51 μm ± 0,01 μm) sorgen für eine Härte von HV 1900 ± 30, Co (8 % ± 1 %) gewährleistet eine Zähigkeit von K_{1} c 10 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, und die TiAlN- Beschichtung (Reibungskoeffizient < 0,3 ± 0,05) verlängert die Lebensdauer (> 12 Std. ± 1 Std.). SEM zeigt gleichmäßigen Verschleiß nach dem Schneiden (Tiefe < 0,01 mm ± 0,001 mm) und kein Absplittern (< 0,01 mm ± 0,001 mm). EDS bestätigt die TiAlN- Verteilung (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %). Lebensdauertests zeigen, dass P10 besser ist als K20 (Lebensdauer 10 Std. ± 1 Std.).

Analyse der Einflussfaktoren

Härte: HV > 1800 ± 30, lange Lebensdauer; < 1600 ± 30, Verschleißrate erhöht sich um 20 % ± 3 %.

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 2 μm ± 0,01 μm , Lebensdauer um 10 % ± 2 % reduziert.

Co-Gehalt: 6 % 10 % ± 1 %, Absplitterungsschutz; > 12 % ± 1 %, Härtereduzierung um 10 % ± 2 %.

Beschichtungsdicke: 25 μm ± 0,1 μm , Lebensdauer erhöht sich um 30 % ± 5 %; > 10 μm ± 0,1 μm , Ablöserate erhöht sich um 15 % ± 3 %.

Schnittgeschwindigkeit: >1000 m/min±10 m/min, Beschichtung erforderlich; <500 m/min±10 m/min, Substrat bevorzugt.

Beispielsweise reduziert sich die Lebensdauer einer K20-Klinge (unbeschichtet) auf 8 Stunden ± 1 Stunde .

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Härte von HV 1600–2000±30 und eine Lebensdauer von >10 Stunden±1 Stunde zu erreichen. Empfohlen:

Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).

Co-Optimierung: 6 % 10 % ± 1 %, ausgewogene Leistung.

Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 30 %±5 % erhöht.

Schneidkantenbehandlung: Radius <50 μm±1 μm , Schneidkanten-Absplitterungsrate um 10 %±2 % reduziert.

Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 3685 (Lebensdauer).

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

Beispielsweise beträgt die Lebensdauer eines P10-Einsatzes (TiAlN , 2 μm ± 0,1 μm) 12 Stunden ± 1 Stunde .

10.6.2.1.3 Anwendung von Hartmetalllamellen (Klingen, Platten): CNC-Bearbeitung (ISO P10, K20)

Grundprinzipien und technischer Überblick

Lamellenhartmetall (P10, K20) wird aufgrund seiner Härte HV 1600–2000±30 und einer Lebensdauer von >10±1 Stunde häufig in der CNC-Bearbeitung (Stahl, Gusseisen, Genauigkeit <0,1 mm±0,01 mm) verwendet. P10 eignet sich für Stahl (Geschwindigkeit >1000±10 m/min) und K20 für Gusseisen (Geschwindigkeit 800–1200 m/min±10 m/min).

Geprüft werden Schnittleistung (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Verschleiß (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ N·m) und Genauigkeit (ISO 1832, Genauigkeit ±0,01 mm). So beträgt beispielsweise die Standzeit einer P10-Säge bei der Bearbeitung von Stahl 12 Stunden ±1 Stunde, die Genauigkeit einer K20 bei der Bearbeitung von Gusseisen <0,1 mm ±0,01 mm.

Mechanismusanalyse:

TiC (10 % ± 0,1 %) von P10 erhöht die Härte auf HV 1900 ± 30, und WC (> 90 % ± 1 %) von K20 gewährleistet thermische Stabilität (> 800 °C ± 10 °C). Die Beschichtung (TiAlN , 2 μm ± 0,1 μm) reduziert den Verschleiß (0,03 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m). Die Rasterelektronenmikroskopie zeigt, dass P10 gleichmäßig verschleißt (Tiefe < 0,01 mm ± 0,001 mm), während K20 eine glatte Oberfläche (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm) aufweist.

Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer von P10 12 Stunden ± 1 Stunde beträgt , was besser ist als bei K20 (10 Stunden ± 1 Stunde).

Analyse der Einflussfaktoren

Güteklasse: P10 (Stahl), K20 (Gusseisen), passendes Werkstück.

Beschichtung: TiAlN , Lebensdauer um 30 % ± 5 % erhöht; ohne Beschichtung verringerte sich die Lebensdauer um 20 % ± 3 %.

Schneidkantenradius: <50 μm±1 μm , hohe Präzision; >100 μm±1 μm , Präzision um 10 %±2 % reduziert.

Schnittgeschwindigkeit: >1000 m/min±10 m/min, P10 ist ausgezeichnet; <800 m/min±10 m/min, K20 ist anwendbar.

Härte des Werkstücks: HV > 1000 ± 50, P10 wird bevorzugt; < 500 ± 50, K20 ist anwendbar.

Beispielsweise reduziert sich die Lebensdauer von K20 (unbeschichtet) auf 8 Stunden ± 1 Stunde .

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Lebensdauer von >10 Stunden ±1 Stunde und eine Genauigkeit von <0,1 mm ±0,01 mm zu erreichen. Empfohlen:

Sortenauswahl: P10 (Stahl), K20 (Gusseisen).

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

Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Lebensdauer um 30 %±5 % erhöht.
Schneidkantenoptimierung: Radius <50 μm±1 μm , Genauigkeit um 10 %±2 % erhöht.
Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).
Prüfvorschriften: ISO 3685 (Schneiden), ISO 1832 (Präzision).

Technische Anwendung

Stahlverarbeitung: P10-Klinge (Härte HV 1900±30) Lebensdauer 12 Stunden±1 Stunde.
Gusseisenverarbeitung: K20-Klinge (Genauigkeit <0,1 mm ± 0,01 mm), Lebensdauer 10 Stunden ± 1 Stunde.
Luftfahrtteile: P10 (Verschleißrate 0,03 $mm^3/N \cdot m$±0,01 $mm^3/ N \cdot m$) Genauigkeit <0,1 mm±0,01 mm.
Diese Anwendungen zeigen, dass Lamellenlegierungen den Anforderungen der CNC-Bearbeitung gerecht werden.

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

Anhang:

CTIA GROUP LTD

Einführung in Schmuck aus Nickel-Hartmetall (Wolframstahl)

Einführung in Schmuck aus Nickel-basiertem Hartmetall (Wolframstahl) der CTIA GROUP LTD

Nickelbasiertes Hartmetall (Wolframstahl) verwendet Wolframkarbid (WC) als Hartphase und Nickel (Ni) als Bindephase. Dank seiner extrem hohen Härte (HV 800–2200), seiner hervorragenden Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit, Schlagfestigkeit, hohen Dichte (19 g/cm³) , extrem langen Haltbarkeit und einzigartigen Ästhetik ist es das bevorzugte Material für hochwertigen Schmuck, funktionale Namensschilder, Sammlerstücke und hochwertige Produkte aus imitiertem Reingold. Im Vergleich zu kobaltbasiertem Hartmetall (WC-Co) weist WC-Ni eine bessere Korrosionsbeständigkeit, Biokompatibilität, Strahlungsbeständigkeit und ökologische Nachhaltigkeit auf und eignet sich für Langzeitbelastungen, extreme Umgebungen (Tiefsee, Weltraum) und die generationsübergreifende Vererbung.

CTIA GROUP LTD (CTIA) ist die Kernmarke der China Tungsten Online Technology Co., Ltd. und konzentriert sich auf das Design und die Herstellung von Schmuck, Funktionsprodukten, Sammlerstücken und hochwertigen Produkten aus reinem Goldimitat aus Wolframstahl. Die Produkte decken **52 Kategorien ab** , darunter Ringe, Halsketten, Armbänder, Ohrringe, Anhänger, Manschettenknöpfe, Uhrengehäuse, Schlüsselanhänger, Broschen, Gürtelschnallen, Brillengestelle, Haarschmuck, Brieftaschenschnallen, Krawattenklammern, Kugelschreiberdekorationen, Gürtelschnallen, Handyhüllendekorationen, Abzeichen, Visitenkartenhalter, Feuerzeughüllen, Schmuckschatullendekorationen, Uhrenarmbandschnallen, Spazierstockdekorationen, Soldatennamensschilder, Haustiermarken, Gepäckanhänger, Firmenjubiläumssouvenirs, VIP-Ausweise für Finanzunternehmen, Wolframstahlschmuck zum Gedenken an den Vollmond, Ersatz für virtuelle Währungen, Wolframwürfel, Lesezeichen, Schlüsselanhänger, Handyhalter, Visitenkarten, Skulpturenornamente, Zifferblätter, Fidget Spinner, Schachfiguren, vergoldete Uhrenketten, Goldsteine, Goldringe, Goldarmbänder, Goldketten, Goldohrringe, Goldanhänger, Goldbroschen, Goldmanschettenknöpfe, goldene Gürtelschnallen sowie vergoldete Ersatzprodukte für Bankfinanzprodukte (vergoldete Goldbarren, Gedenkmedaillen, Anlagemünzen) werden in die Vereinigten Staaten, nach Europa, Japan, Südostasien, in den Nahen Osten, nach Australien, Afrika und auf andere globale Märkte exportiert.

China Tungsten Online wurde 1997 gegründet und ist ein weltweit führender Online-Händler für Wolframprodukte. Das Unternehmen ist nach ISO 9001:2015 zertifiziert, bedient über 10.000 Kunden in über 200 Ländern und Regionen und hat bereits über 100.000 Standard- und kundenspezifische Wolframprodukte erfolgreich bereitgestellt.

nutzt die Forschungs- und Entwicklungskompetenz von Chinatungsten Online und fertigt langlebige,

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

schöne, umweltfreundliche, intelligente und rückverfolgbare Wolframstahlprodukte durch Pulvermetallurgie, PVD/DLC/IP-Beschichtung, Femtosekunden-Lasergravur, 3D-Druck, EDM, Mikrolichtbogenoxidation, CNC-Präzisionsgravur, RFID/NFC-Einbettung und Blockchain-Technologie. Wolframstahl wird aufgrund seines Edelmetallglanzes, seiner Kratzfestigkeit, seiner hohen Dichte, seiner Strahlenbeständigkeit, seiner ökologischen Nachhaltigkeit und seines generationsübergreifenden Vererbungswerts gerne für Eheringe, Modeaccessoires, funktionalen Schmuck, hochwertige Individualisierungen, smarte Accessoires, Business-Accessoires, militärische Namensschilder, Haustiermanagement, Souvenirs, Kryptowährungssammlungen und hochwertige Produkte aus imitiertem reinem Gold verwendet.

Vergoldete Produkte (einschließlich Ersatzprodukte für Bankfinanzprodukte) verwenden eine 18-karätige/24-karätige PVD/IP-Beschichtung mit einer Dicke von 0,5–2,5 μm . Sie sehen aus wie reines Gold, sind 5–8-mal verschleißfester und kosten nur ein Zehntel des Preises von reinem Gold. Daher sind sie bei Sammlern, Anlegern und anspruchsvollen Konsumenten beliebt. Ersatzprodukte für Bankfinanzprodukte (wie vergoldete Barren, Medaillen und Anlagemünzen) ersetzen traditionelle Goldbarren und -münzen durch eine hohe Dichte und die Optik von reinem Gold. Sie bieten kostengünstige, langlebige Anlage- und Sammeloptionen, die sich für die generationenübergreifende Vererbung eignen.

Schmuck aus nickelbasiertem Hartmetall (Wolframstahl) ähnelt Flugzeugdüsen (erosionsbeständige Beschichtung), Elektroden von Elektrolytzellen (korrosionsbeständige Beschichtung), Hochtemperaturformen (verschleißfeste Beschichtung) und Luft- und Raumfahrtkomponenten (strahlenbeständige Beschichtung) und spiegelt die branchenübergreifende Anwendung von Hartmetall wider. CTIAs Wolframstahlschmuck zeichnet sich durch hervorragende Kratzfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Ästhetik, intelligente Funktionen, hohe Temperaturbeständigkeit, Schlagfestigkeit, hohe Dichte, Strahlungsbeständigkeit und extrem lange Haltbarkeit aus. Im Vergleich zu Gold, Platin, Kohlefaser und anderen Materialien ist er kostengünstig und wettbewerbsfähig, insbesondere bei der Kollektion von virtuellen Währungsersatzprodukten, Wolframwürfeln, vergoldeten Produkten und Bankfinanzproduktersatzprodukten .

2. Arten von Wolframkarbidschmuck und ihre Einführung

CTIA bietet eine Vielzahl von Schmuckstücken, Funktionsprodukten, Sammlerstücken und hochwertigen Produkten aus reinem Goldimitat aus Wolframkarbid an. Die Produkte erfüllen die Anforderungen an Eheringe, Modeschmuck, Funktionsschmuck, hochwertige Individualisierungen, smarten Schmuck, Business-Accessoires, Militärartikel, Haustierhaltung, Souvenirs, Kryptowährungssammlungen, Bankprodukte und hochwertige Geschenke. Die folgende Tabelle listet alle von der CTIA GROUP LTD entwickelten und hergestellten Wolframkarbidprodukte und ihre Einführung auf. Hervorgehoben werden dabei die Strahlungsbeständigkeit, die hochwertige Optik aus reinem Goldimitat und der generationsübergreifende Vererbungswert.

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

Einführung in alle Wolframstahlprodukte und Zubehör, die von CTIA GROUP LTD entwickelt und hergestellt werden

Typ	Unterkategorien	Einführung
Ring	Eheringe	Hochglanzpoliert oder PVD-Beschichtung in Gold/Schwarz/Regenbogen, Härte HV800–2200, mit Diamanten, Zirkonia oder Keramik eingelegt, kratzfest und korrosionsbeständig, für die Vererbung über Generationen hinweg geeignet.
	Moderinge	Femtosekunden-Lasergravur personalisierter Muster (Fingerabdruck, Sternenkarte, Logo), DLC-Beschichtung (Gold, Schwarz, Blau, Regenbogen), strahlungsbeständig, modisch und langlebig.
	Funktionsringe	Beständig gegen Seewasser- und Schweißkorrosion, mit gebürsteter/matter Oberfläche, geeignet zum Tauchen und Bergsteigen, mit 80 % erhöhter Verschleißfestigkeit, geeignet für extreme Umgebungen.
	Intelligenter Ring	Eingebettet mit NFC/RFID-Chip, unterstützt Zahlung, Zugangskontrolle, Gesundheitsüberwachung, DLC-Beschichtung, antielektromagnetische Störungen, geeignet für Smart Life.
	Ringe zum Hochzeitstag	Mit dem Hochzeitsdatum, den Eheversprechen oder einem Miniaturporträt graviert, PVD- ZrN- beschichtet und mit Edelsteinen besetzt, ist es perfekt für Jubiläen und kann von Generation zu Generation weitergegeben werden.
Halskette	Halskette mit Anhänger	Anhänger aus Wolframstahl (rund, eckig, Herz, Tierform) werden mit Ketten aus Edelstahl, Leder oder Wolframstahl kombiniert, sind PVD- TiN -beschichtet, bruchfest und zum Sammeln geeignet.
	Kettenhalskette	Vollständig aus Wolframstahl gefertigte Ketten (Fischgrätenketten, Schlangenketten, Seilketten), poliert oder gebürstet, Härte HV1500, um 60 % erhöhte Zugfestigkeit, strahlenbeständig.
Armband	Geschlossenes Armband	Einteiliges Formteil, mit Keramik, Edelsteinen oder Kohlefaser eingelegt, Härte HV1800, kratzfest, spiegelnd/matt, zum Vererben geeignet.
	Offenes Armband	Anpassbares Design, PVD-Beschichtung (Roségold, Schwarz), leicht (4–8 g), strahlungsbeständig und stilvoll.
Ohrring	Ohrringe	Kleine Wolframohrringe mit Zirkon-, Perlen- oder Saphireinlage, poliert Ra < 0,03 µm , Ni-Freisetzung < 0,1 µg /cm²/Woche, geeignet für empfindliche Haut.
	Ohrringe	Anhänger, Creolen oder asymmetrische Ohrringe mit DLC-Beschichtung (schwarz, blau), antioxidativ und für langes Tragen geeignet.
Anhänger	Personalisierter Anhänger	Femtosekunden-Lasergravur 3D-Relief, Buchstaben oder Logos, gepaart mit Leder, Wolframstahl oder Kordelkette, PVD- ZrN- Beschichtung, kollektionstauglich.
	Funktionale Anhänger	Integrierte Werkzeuge (Flaschenöffner, Kompass, USB-Stick), korrosionsbeständig, für den Außenbereich geeignet, hohe Haltbarkeit.
Manschettenknöpfe	-	Poliert oder gebürstet, mit Carbonfaser, Edelsteinen oder Emaille eingelegt, Härte HV1500, kratzfest, anzugtauglich, High-End-Business.

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

Fall	-	Gehäuse aus Wolframstahl, PVD/DLC-Beschichtung, Härte HV1800, kratzfest, mit Leder-, Metall- oder Silikonarmband erhältlich, kompatibel mit mechanischen/Smartwatches, zum Vererben geeignet.
Schlüsselanhänger	-	Schlüsselanhänger aus Wolframstahl, mit Logo, Muster oder QR-Code graviert, verschleißfest und korrosionsbeständig, für den täglichen Gebrauch geeignet.
Brosche	-	Mit Edelsteinen, Emaille oder Perlen eingelegt, PVD-Beschichtung, Härte HV1500, geeignet für formelle Kleidung oder als Sammlerstück, mit hohem Erbwert.
Gürtelschnalle	-	Gürtelschnalle aus Wolframstahl, poliert oder gebürstet, mit eingraviertem Muster, kratzfest, passt zu Leder- oder Stoffgürteln, langlebig für den geschäftlichen Einsatz.
Brillengestelle	-	Brillengestell aus Wolframstahl, PVD-Beschichtung (schwarz, gold), Härte HV1200, kratzfest, leicht (8–18 g), für langes Tragen geeignet.
Haarschmuck	Haarnadel	Haarnadeln aus Wolframstahl, mit Zirkonia oder Emaille eingelegt, poliert oder DLC-beschichtet, korrosionsbeständig, modisch und langlebig.
	Haarband	Haarband aus Wolframstahl, eingraviertes Muster, PVD- TiN- Beschichtung, verschleißfest, für den täglichen Gebrauch geeignet.
Brieftaschenschnalle	-	Geldbörsenschnalle aus Wolframstahl, Logo oder Muster per Laser eingraviert, Härte HV1200, kratzfest, praktisch fürs Geschäft.
Krawattenklammer	-	Krawattenklammer aus Wolframstahl, mit Edelsteinen oder Kohlefaser eingelegt, poliert oder gebürstet, Härte HV1500, geeignet für geschäftliche Anlässe, hochwertig und langlebig.
Stiftdekorationen	-	Stiftkappe oder Stiftkörperdekor aus Wolframstahl, PVD/DLC-Beschichtung, Härte HV1200, kratzfest, geeignet für hochwertige Schreibwaren.
Gürtelschnallen	-	Gürtelschnalle aus Wolframstahl, mit Kohlefaser oder Emaille eingelegt, PVD-Beschichtung, Härte HV1500, kratzfest, Business-Mode.
Handyhüllen Dekoration	-	Handygehäuserahmen bzw. Zierleiste aus Wolframstahl, DLC-Beschichtung (Schwarz, Regenbogen), Härte HV1800, Kratzfestigkeit, geeignet für High-End-Handys.
Abzeichen	-	Abzeichen aus Wolframstahl, Logo oder Gedenkmuster per Femtosekundenlaser graviert, PVD- TiN- Beschichtung, geeignet zum Sammeln oder Verschenken, mit hohem Erbwert.
Visitenkartenetui	-	Visitenkartenhalter aus Wolframstahl, poliert oder gebürstet, mit personalisiertem Text graviert, Härte HV1200, kratzfest, High-End-Business-Stil.
Leichtere Schale	-	Feuerzeuggehäuse aus Wolframstahl, DLC-Beschichtung (schwarz, gold), Härte HV1500, kratzfest, zum Sammeln geeignet.
Schmuckschatulle Dekoration	-	Rahmen oder Schloss einer Schmuckschatulle aus Wolframstahl, PVD-Beschichtung, Härte HV1200, kratzfest, geeignet für hochwertige Geschenke.
Uhrenarmbandschnalle	-	Uhrenarmbandschnalle aus Wolframstahl, poliert oder DLC-beschichtet, Härte HV1500, kratzfest, geeignet für High-End-Uhren.

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

Rohrdekoration	-	Stockaufsatz oder Dekostück aus Wolframstahl, eingelegt mit Edelsteinen oder Emaille, PVD-Beschichtung, Härte HV1200, geeignet für Sammlungen.
Soldaten-Namensschild	-	Soldaten-Namensschild aus Wolframstahl, Femtosekunden-Lasergravur von Name, Nummer oder Einheitsemblem, Härte HV1800, kratz- und stoßfest, gepaart mit Edelstahlkette, für den militärischen Einsatz geeignet.
Haustiermarken	-	Haustiermarke aus Wolframstahl, mit eingraviertem Tiernamen, Kontaktinformationen des Besitzers oder QR-Code, DLC-Beschichtung, Härte HV1500, verschleißfest und korrosionsbeständig, geeignet für die Haustierverwaltung.
Gepäckanhänger	-	Gepäckanhänger aus Wolframstahl, Name, Adresse oder Logo lasergraviert, PVD-Beschichtung, Härte HV1200, kratzfest, reisegeeignet.
Souvenirs zum Firmenjubiläum	Medaillen	Gedenkmedaille aus Wolframstahl, graviert mit Firmenlogo, Jubiläumsdatum, PVD-Beschichtung Gold/Schwarz, Härte HV1500, geeignet für Firmenfeiern, hoher Sammlungswert.
	Gedenkmünzen	Gedenkmünzen aus Wolframstahl, 3D-geprägtes Firmenlogo oder Muster, DLC-Beschichtung, Härte HV1800, geeignet zum Sammeln und Vererben über Generationen hinweg.
Familienname Marke		Schnitzen Sie Familiennamen wie die der Familie Han, Nachnamen, Zweige usw. ein, um die Merkmale und Stärken der Familie hervorzuheben.
VIP-Ausweis für Finanzunternehmen	-	VIP-Ausweis aus Wolframstahl, eingebetteter RFID-Chip, eingravierter Name oder Nummer des Kunden, PVD-Beschichtung in Roségold/Schwarz, Härte HV1800, geeignet für anspruchsvolle Kunden.
Wolfram-Schmuck zum Gedenken an den Vollmond	Anhänger	Gedenkanhänger aus Wolframstahl in Form eines Vollmonds, mit eingraviertem Namen, Geburtsdatum oder Porträt des Babys, mit Zirkonia eingelegt, PVD-Beschichtung, als Familienerbe geeignet.
	Gedenktafel	Gedenktafel zum Vollmond aus Wolframstahl, mit lasergravierten Segnungen oder Mustern, DLC-Beschichtung, Härte HV1500, zum Sammeln geeignet, hoher Erbwert.
Ersatz für virtuelle Währungen	Herausforderungsmünzen	Challenge Coin aus Wolframstahl, mit Kryptowährungslogo (wie Bitcoin, Ethereum) oder Blockchain-Muster graviert, PVD-Beschichtung in Gold/Schwarz, Härte HV1800, hochglanzpoliert, dreht sich länger als 2 Minuten, zum Sammeln geeignet.
	Gedenkmünzen	Gedenkmünze aus Wolframstahl, 3D-geprägtes virtuelles Währungslogo, eingebetteter RFID-Chip zur Unterstützung der Blockchain-Rückverfolgbarkeit, DLC-Beschichtung, hoher Sammlungswert, zum Erben geeignet.
Wolframwürfel	Kollektion Cube	Wolframstahlwürfel, EDM, hochglanzpoliert, Dichte 19 g/cm³ , Größe 10–50 mm (19,1–2300 g), geeignet zur Präsentation auf dem Schreibtisch oder zum Sammeln und zur Vererbung über Generationen hinweg.
	Gedenkwürfel	Gravur personalisierter Muster oder Logos, PVD-Beschichtung, Härte HV1500, Kratzfestigkeit, geeignet als Geschenk oder zum Sammeln von Kryptowährungen,

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

		hoher Erbwert.
Lesezeichen	-	Lesezeichen aus Wolframstahl, Text- oder Mustergravur per Femtosekundenlaser, PVD-Beschichtung, Härte HV1200, kratzfest, geeignet für Lesebegeisterte und zum Vererben geeignet.
Schlüsselanhänger	-	Schlüsselanhänger aus Wolframstahl, graviertes 3D-Relief oder QR-Code, DLC-Beschichtung, Härte HV1500, verschleiß- und korrosionsbeständig, für den täglichen Gebrauch geeignet.
Handyhalterung	-	Handyhalterung aus Wolframstahl, CNC-Präzisionsverarbeitung, PVD-Beschichtung, Härte HV1200, Kratzfestigkeit, Desktop-Stabilität, geeignet für High-End -Büros.
Visitenkarte	-	Visitenkarte aus Wolframstahl, Name, Position oder QR-Code per Laser eingraviert, DLC-Beschichtung, Härte HV1800, kratzfest, High-End-Business, zum Vererben geeignet.
Skulpturen	-	Skulpturenornamente aus Wolframstahl, 3D-Druck komplexer Geometrie, PVD-Beschichtung, Härte HV1500, geeignet zur Ausstellung zu Hause oder im Büro und kann über Generationen weitergegeben werden.
Zifferblatt	-	Zifferblatt aus Wolframstahl, Skala oder Muster per Femtosekundenlaser graviert, DLC-Beschichtung, Härte HV1800, kratzfest, geeignet für hochwertige Uhren und Sammlungen.
Fidget Spinner	-	Fidget Spinner aus Wolframstahl, CNC-gefräst, PVD-beschichtet, Härte HV1500, dreht sich 3–5 Minuten, Dekompressionssammlung, zum Vererben geeignet.
Stück	-	Schachfiguren aus Wolframstahl, mit Schach- oder Go-Mustern graviert, DLC-Beschichtung, Härte HV1200, kratzfest, geeignet zum Sammeln oder für Wettkämpfe, mit hohem Erbwert.
Vergoldete Uhrenkette	-	Vergoldete Uhrenkette aus Wolframstahl, 18K/24K Gold IP-Beschichtung (0,5–2,5 µm), Härte HV1800, kratzfest, sieht aus wie eine Uhrenkette aus reinem Gold, korrosionsbeständig, geeignet für hochwertige Uhren.
Vergoldete Ziegel	-	Vergoldeter Wolframstahl-Block, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Dichte 19 g/cm³ , Größe 50 × 30 × 20 mm (ca. 570 g), hochglanzpoliert, hochimitiertes reines Gold, geeignet zum Sammeln oder Verschenken.
Vergoldeter Goldring	-	Vergoldeter Ring aus Wolframstahl, 18 Karat Gold-IP-Beschichtung, Härte HV800–2200, mit Zirkonia oder Diamant eingelegt, kratzfest, Ehering aus imitiertem reinem Gold, zum Erben geeignet.
Vergoldetes Armband	-	Vergoldetes Armband aus Wolframstahl, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Härte HV1500, Ketten- oder geschlossenes Design, korrosionsbeständig, hohe Imitation von reinem Gold, geeignet für modisches Tragen.
Vergoldete Halskette	-	Halskette aus Wolframstahl mit Goldbeschichtung, 18 Karat IP-Beschichtung, Härte HV1500, Fischgräten- oder Schlangenkettendesign, bruchsicher, Textur aus imitiertem reinem Gold, geeignet für formelle Kleidung.

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

Vergoldete Ohrringe	-	Vergoldete Ohrringe aus Wolframstahl, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Härte HV1200, mit Perlen oder Edelsteinen eingelegt, Antioxidationsmittel, Ohrringe aus imitiertem reinem Gold, für Frauen geeignet.
Vergoldeter Anhänger	-	Vergoldeter Anhänger aus Wolframstahl, 18 Karat Gold-IP-Beschichtung, Härte HV1500, eingraviertes 3D-Relief, Anhänger aus imitiertem reinem Gold, geeignet für die Sammlung.
Vergoldete Goldbrosche	-	Vergoldete Brosche aus Wolframstahl, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Härte HV1500, mit Emaille oder Edelsteinen eingelegt, Brosche aus imitiertem reinem Gold, geeignet für Kleidung oder Sammlung.
Vergoldete Manschettenknöpfe	-	Vergoldete Manschettenknöpfe aus Wolframstahl, 18 Karat Gold IP-Beschichtung, Härte HV1500, poliert oder gebürstet, Manschettenknöpfe aus imitiertem reinem Gold, passend zum Anzug.
Vergoldete Gürtelschnalle	-	Gürtelschnalle aus Wolframstahl, vergoldet, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Härte HV1500, eingraviertes Muster, Gürtelschnalle aus imitiertem reinem Gold, geeignet für geschäftliche Anlässe.
Vergoldete Ersatzprodukte für Bankfinanzprodukte	Vergoldete Barren	Vergoldeter Goldbarren aus Wolframstahl, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Dichte 19 g/cm³ , Größe 100 × 50 × 10 mm (ca. 950 g), hochglanzpoliert, mit Banklogo oder -nummer graviert, Imitation eines reinen Goldbarrens, geeignet als Geldanlage und zum Sammeln.
	Vergoldete Medaille	Vergoldetes Medaillon aus Wolframstahl, 18 Karat Gold IP-Beschichtung, Härte HV1800, Durchmesser 50 mm (ca. 100 g), 3D-geprägtes Banklogo oder Gedenkmuster, eingebetteter RFID-Chip, geeignet für Anlagesammlungen.
	Vergoldete Anlagemünzen	Anlagemünze aus Wolframstahl, vergoldet, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Härte HV1800, Durchmesser 40 mm (ca. 60 g), mit Anlagemotiv oder Banklogo graviert, imitiert eine Münze aus reinem Gold, dreht sich 2 Minuten lang, eignet sich zum Verschenken.

3. Eigenschaften von Wolframschmuck

Die Wolframstahlprodukte von CTIA basieren auf WC (80-95 Gew.- %) und Ni (5-20 Gew.- %) mit Zusatz von Cr_3C_2 , TiC , TaC , VC und NbC . Zu den Eigenschaften gehören:

Physikalische Eigenschaften von Wolframstahlschmuck

Härte von Wolframstahlschmuck

HV800–2200, Mohs 8,5–9,5, nur Diamant (10) ist besser, die Kratzfestigkeit ist besser als bei 18 Karat Gold (HV100–200) und die Lebensdauer beträgt über 30 Jahre.

Dichte von Wolframkarbidschmuck

Mit einem Gewicht von ca. 19 g/cm³ liegt es nahe an Gold (19,32 g/cm³) und übertrifft Blei (13

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

g/cm³) bei weitem . Das Produktgewicht beträgt 4–2300 g, was Goldbarren und Gedenkmedaillen eine schwere Textur verleiht.

Zähigkeit von Wolframstahlschmuck

K_IC 8–16 MPa·m ¹ / ² , beständig gegen leichte Stöße, kann durch Notspaltung mit einer Gripzange entfernt werden.

Wärmeleitfähigkeit von Wolframstahlschmuck

80–120 W/ m·K , schnelle Wärmeableitung, angenehm zu tragen, geeignet für Umgebungen mit hohen Temperaturen.

Wärmeausdehnungskoeffizient von Wolframkarbidschmuck

4–7×10 ⁻⁶ /°C, Verformungsrate <0,03 %, dimensionsstabil, für Präzisionsprodukte geeignet.

Hohe Temperaturbeständigkeit von Wolframstahlschmuck

Der Schmelzpunkt liegt bei etwa 2870 °C und ist bei 2500 °C noch stabil, was besser ist als Gold (1064 °C). Es eignet sich für die Luft- und Raumfahrt, die Tiefsee und Hochtemperaturformen.

Schlagfestigkeit von Wolframstahlschmuck

Beständig gegen Stöße von 10–20 kN , geeignet für Soldatennamensschilder, Goldbarren und den Einsatz im Freien.

Strahlungsbeständigkeit von Wolframstahlschmuck

Beständig gegen 15 kGy Gammastrahlung, besser als Edelstahl (1 kGy), schützt eingebettete Chips und ist für den Weltraum und nukleare Umgebungen geeignet.

Thermische Stabilität von Wolframstahlschmuck

1000–2500 °C. Keine Leistungsänderung, geeignet für Szenarien mit extrem hohen Temperaturen.

Chemische Eigenschaften von Wolframstahlschmuck

Korrosionsbeständigkeit von Wolframstahlschmuck

Es ist beständig gegen Säuren und Laugen (pH 2–12), Schweiß und Meerwasser und weist eine Korrosionsrate von <0,001 mm/Tausend Jahre auf, was besser ist als WC-Co (0,01 mm/Jahr), sodass es sich für die generationsübergreifende Sammlung eignet.

Biokompatibilität von Wolframschmuck

Ni-Freisetzungsrate <0,1 µg /cm²/Woche (besser als EU EN1811), Allergierate <0,2 %, besser als Edelstahl (5–10 %), geeignet für empfindliche Haut.

Antioxidation von Wolframstahlschmuck

Beständig gegen Oxidation bei 1200 °C ohne Verfärbung oder Lochfraß, geeignet für Umgebungen mit hohen Temperaturen.

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

Antibakterielle Eigenschaften von Wolframkarbid-Schmuck

Die DLC-Beschichtung hemmt Bakterien (wie Staphylococcus aureus und Escherichia coli) mit einer Hemmrate von >99 % und verbessert so die Hygiene.

Chemische Stabilität von Wolframkarbid-Schmuck

Extrem lange Haltbarkeit, die Oberflächeneigenschaften bleiben über Tausende von Jahren unverändert, geeignet als kulturelles Erbe.

Ästhetische Eigenschaften von Wolframschmuck

Der Glanz von Wolframkarbid-Schmuck

Polierung Ra < 0,02 μm , Spiegeleffekt vergleichbar mit Platin, lang anhaltender Glanz, geeignet für Goldbarren und Anlagemünzen.

Die Farbvielfalt von Wolframschmuck

Mit PVD/DLC/IP-Beschichtungen lassen sich die Farben Gold, Schwarz, Blau, Roségold und Regenbogen erzielen. Vergoldete Produkte imitieren reines Gold und bleiben über Jahrtausende farbecht.

Die Gravurfähigkeit von Wolframkarbidschmuck

Die Femtosekunden-Lasergravur hat eine Genauigkeit von ±0,001 mm, unterstützt 3D-Relief- und Mikrogravuren und verfügt über langlebige Muster, die für personalisierte Designs geeignet sind.

Texturvielfalt von Wolframkarbid-Schmuck

Gebürstete, matte, spiegelnde und 3D-gedruckte Texturen erfüllen die Anforderungen von Mode und Kollektionen.

Funktionale Eigenschaften von Wolframkarbidschmuck

Kratzfestigkeit von Wolframkarbid-Schmuck

95 % Reduzierung der Kratzertiefe, 30 Jahre verschleißfreie, lang anhaltende Oberflächenleistung.

Haltbarkeit von Wolframschmuck

Die Lebensdauer des Substrats beträgt mehr als tausend Jahre, die Lebensdauer des vergoldeten Produkts beträgt 5–15 Jahre und die Wartungskosten sind gering.

Umweltschutz von Wolframkarbidschmuck

100 % recycelbar, der Energieverbrauch beim Sintern ist um 70 % reduziert (im Vergleich zum Goldschmelzen), kein Abfall und im Einklang mit der ökologischen Nachhaltigkeit.

Leitfähigkeit von Wolframkarbidschmuck

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

Der spezifische Widerstand beträgt 10 $^{-6}$ Ω·m , unterstützt NFC/RFID und ist für Smart-Funktionen geeignet.

Anti-elektromagnetische Interferenzen von Wolframstahlschmuck

Schirmt 99,5 % der niederfrequenten elektromagnetischen Wellen ab, schützt eingebettete Chips und eignet sich für intelligentes Zubehör.

Rückverfolgbarkeit von Wolframkarbidschmuck

RFID-Chips unterstützen Identitätsauthentifizierung und Blockchain-Tracking. Die Chiplebensdauer beträgt Tausende von Jahren und eignet sich daher für virtuelle Währungsersatzprodukte und Goldbarren.

Intelligente Funktionen von Wolframschmuck

Es ist mit Sensoren ausgestattet und unterstützt Zahlung, Zugangskontrolle, Herzfrequenzüberwachung und Umgebungsüberwachung, sodass es für ein intelligentes Leben geeignet ist.

Wolframschmuck ist äußerst pflegeleicht

Kein Polieren oder Reparieren erforderlich, die Oberflächenleistung bleibt über Tausende von Jahren unverändert, was die Nutzungskosten senkt.

Die generationsübergreifende Vererbung von Wolframschmuck

Aufgrund seiner chemischen Stabilität hat es einen kulturellen Wert und einen Sammlerwert und eignet sich daher als Familienerbstück und als historisches Relikt.

Anpassungsfähigkeit von Wolframkarbid-Schmuck an extreme Umgebungen

Es hält Temperaturen von 2500 °C, 15 MPa Tiefseedruck und 15 kGy Strahlung stand und ist für die Luft- und Raumfahrt, die Tiefsee und die Nuklearindustrie geeignet.

Der Sammlungs- und Investitionswert von Wolframstahlschmuck

Die hohe Dichte und das Aussehen von imitiertem reinem Gold verleihen Goldbarren, Gedenkmedaillen und Anlagemünzen einen Anlagewert, der für den Markt der Bankvermögensverwaltung geeignet ist.

Ermüdungsbeständigkeit von Wolframstahlschmuck

Beständig gegen 10 ^{6} Lastwechsel, frei von Ermüdungsrissen, für den Dauereinsatz geeignet.

Thermoschockbeständigkeit von Wolframschmuck

Beständig gegen schnelle Abkühl- und Heizzyklen von 1000 °C, keine Risse, geeignet für extreme Umgebungen.

Diese Eigenschaften entsprechen den Anforderungen von Flugzeugdüsen (korrosionsbeständige

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

Beschichtung), Hochtemperaturformen (verschleißfest), Elektroden für Elektrolysezellen (korrosionsbeständig) und Luft- und Raumfahrtkomponenten (strahlungsbeständig) und unterstreichen die bereichsübergreifenden Vorteile von Wolframstahl.

4. Herstellungsprozess von Wolframstahlschmuck

CTIA setzt auf Chinatungsten Online bietet weltweit führende Technologie zur Herstellung von Schmuck aus pulvermetallurgischem Wolframstahl. Der Herstellungsprozess umfasst:

Pulveraufbereitung

Ultrafeines WC-Pulver (0,06–1,0 μm) und hochreines Ni-Pulver (>99,98 %) wurden in einer Hochenergie-Kugelmühle gemahlen, und $Cr_3 C_2$, Es wurden TiC , TaC , VC und NbC mit einer Korngröße von 0,08–0,8 μm hinzugefügt .

Bildung

Kaltisostatisches Pressen (CIP, 100–800 MPa), Metallspritzguss (MIM), selektives Lasersintern (SLS), direktes Metall-Lasersintern (DMLS), Unterstützung komplexer Geometrien (wie Goldbarren und skulpturale Ornamente).

Sintern

Vakuum-/Wasserstoffsintern (1150–1500 °C), Dichte 95–99,5 %, Härte HV800–2200.

Oberflächenmodifizierung

Polieren

Mechanisches/elektrochemisches Polieren, Ra<0,02 μm , Spiegelglanz, geeignet für Goldbarren.

Beschichtung

PVD- TiN / ZrN /DLC/IP (0,2–10 μm), Härte HV2000–5000, Verschleißfestigkeit um 70–85 % erhöht; IP-Vergoldung (18K/24K Gold, 0,5–3 μm), Verschleißfestigkeit um das 5- bis 10-fache erhöht.

Ionenimplantation

Durch die Implantation von Stickstoff/Kohlenstoff/Fluor wird die Abplatzrate um 98 % reduziert, geeignet für Gedenkmedaillen.

Mikrolichtbogenoxidation

Die Keramikoberfläche wird geformt und die Korrosionsbeständigkeit um 60 % verbessert, was für Namensschilder geeignet ist.

Nanobeschichtung

Dicke 5–50 nm, Verschleißfestigkeit um 25 % erhöht, für Anlagemünzen geeignet.

Strahlenresistente Beschichtung

Beständig gegen 15 kGy Strahlung, schützt die Oberfläche und Chips und ist für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrt geeignet.

Präzisionsbearbeitung

Femtosekunden-Lasergravur

Genauigkeit ±0,001 mm, Gravur 3D-Relief, Mikrogravur, geeignet für Anlagemünzen.

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

Funkenerosion

Hochpräzise Verarbeitung von Goldbarren, Toleranz ±0,005 mm, Spiegeleffekt.

CNC-Präzisionsgravur

Neunachsige CNC, Genauigkeit ±0,0005 mm, geeignet für Medaillen und Schachfiguren.

Diamantschleifen

Oberflächenrauheit Ra<0,01 μm , geeignet für Zifferblätter.

Ultraschallverarbeitung

Bearbeitung komplexer Mikrostrukturen mit einer Toleranz von ±0,002 mm, geeignet für Skulpturen und Ornamente.

Inlay und Montage

Eingebettet in Diamanten, Zirkon und Keramik und mit Hochtemperaturkleber oder mikromechanisch befestigt, wird die Festigkeit um 50 % erhöht.

RFID/NFC-Einbettung

Integrierter RFID/NFC-Chip, unterstützt Identitätsauthentifizierung, Blockchain-Rückverfolgbarkeit und eine Chiplebensdauer von tausend Jahren.

KI-Optimierung

KI simuliert die Farbabstimmung der Beschichtung, das geometrische Design und die intelligente Funktionsintegration und verkürzt so den Entwicklungszyklus um 60 %.

3D-Druck von Mikrostrukturen

DMLS druckt Strukturen im Nanomaßstab (wie etwa Skulpturentexturen) mit einer Genauigkeit von ±0,0005 mm und reduziert die Kosten um 50 %.

Blockchain-Integration

Es ist mit einem Blockchain-Chip ausgestattet, unterstützt die NFT-Rückverfolgbarkeit und eignet sich für virtuelle Währungsersatzprodukte und Goldbarren.

Umweltsimulationstest

Simulieren Sie 2500 °C hohe Temperaturen, 15 MPa Tiefseedruck und 15 kGy Strahlung, um die Leistung in extremen Umgebungen sicherzustellen.

Der Prozess ähnelt den Technologien für Flugzeugdüsen (Präzisionsbeschichtung), Hochtemperaturformen (verschleißfeste Oberfläche), Luft- und Raumfahrtkomponenten (Strahlungsbeständigkeit) und Tiefseeausrüstung (Druckbeständigkeit) und spiegelt die Fertigungsstärke von CTIA wider.

5. Vergleich zwischen Wolframschmuck und Schmuck aus anderen Materialien

Die Kratzfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Ästhetik, intelligenten Funktionen, hohe Temperaturbeständigkeit, Schlagfestigkeit, hohe Dichte, Strahlungsbeständigkeit und extrem lange Haltbarkeit von CTIA- **Wolframschmuck sind mit der Leistung anderer Materialien deutlich vergleichbar. Nachfolgend finden Sie eine Vergleichstabelle:**

Material	Merkmal	Vorteile	Nachteile
Wolframcarbid (WC-Ni,	Härteprüfung: Keine Kratzer mit Diamantmesser/Schleifpapier (HV800-2200).	Kratzfest (95 % fleckenfrei),	

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

CTIA)	Korrosionsbeständigkeit: Keine Verfärbung nach 168 Stunden Eintauchen in Schweiß oder Meerwasser und keine Schäden nach 1.000 Jahren simulierter Korrosion. Ästhetik: PVD/IP 18K/24K-Vergoldung, 3D-Gravur mit Femtosekundenlaser. Intelligente Funktionen: NFC-Ringzahlung, RFID-Badge-Blockchain-Verifizierung. Hohe Temperaturbeständigkeit: 2500 °C ohne Verformung. Stoßfestigkeit: Keine Beschädigung nach 15 kN Aufprall (Namensschild des Soldaten). Hohe Dichte: Goldbarren können ohne Beschädigung fallen gelassen werden (19 g/cm³) , Anlagemünzen können 2 Minuten lang gedreht werden. Strahlungsbeständigkeit: 15 kGy Gammastrahlung zerstörungsfrei. Haltbarkeit: tausend Jahre ohne Verschlechterung simuliert. Tragen und Zeigen: Hochzeit, Militär, Ersatz für Finanzprodukte, generationsübergreifende Vererbung. Verarbeitung: MIM, SLS, PVD/IP, EDM, CNC, Blockchain-Integration.	korrosionsbeständig (tausend Jahre lang ohne Beschädigung), intuitiv. Vergoldete Optik in Form einer Imitation aus reinem Gold, sowohl modisch als auch investitionsfreundlich.	
Gelbgold (18 Karat Gold)	Härteprüfung: Stahlnadelkratzer sind deutlich zu erkennen (HV100-200). Ästhetik: Natürliches Gold, traditionelle Handwerkskunst. Tragen: Hochzeit, muss poliert werden.	Hochwertiges Gold, traditionelle Ästhetik. Komplexe Designs demonstrieren Plastizität.	Kratzer sind sichtbar, eine Wartung ist nach einem Jahr erforderlich. Dichte 15–19 g/cm³ , begrenzte Haltbarkeit. Nicht strahlenbeständig, oxidiert leicht.
Platin	Härteprüfung: Leichter Kratzer (HV200–300). Korrosionsbeständigkeit: widersteht Schweiß. Ästhetik: Silberweiß, hochwertige Textur.	Korrosionsbeständig, für empfindliche Haut geeignet. High-End-Positionierung, Luxusmarkt.	Kratzer sind deutlich zu erkennen und müssen poliert werden. Dichte 21,5 g/cm³ , schwer. Eingeschränkte Haltbarkeit, nicht strahlenbeständig.
Platin	Härteprüfung: Kratzer sind deutlicher (HV200–250). Ästhetik: Strahlend weiß, elegante Textur. Abnutzung: Ehering, muss gewartet werden.	Strahlendes Weiß, perfekt für Eheringe. Korrosionsbeständig und langlebiger als Gold.	Kratzer sind sichtbar, daher ist eine häufige Pflege erforderlich. Dichte 19–21 g/cm³ , begrenzte Haltbarkeit.
Palladium	Härteprüfung: Kratzfest (HV250–350). Ästhetik: Silberweiß, leicht. Tragekomfort: Ehering, leicht und bequem.	Leicht (12 g/cm³) , bequem. Korrosionsbeständig, für empfindliche Haut	Kratzer sind deutlich zu erkennen und die Haltbarkeit ist geringer als bei Wolframstahl.

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

		geeignet.	Geringe Dichte und begrenzte Haltbarkeit.
Roségold	Härteprüfung: Kratzfest (HV150–250). Ästhetik: Rosa, romantische Textur. Tragen: Ehering, muss poliert werden.	Romantische Töne, passend für Frauen. Modisches Design, das junge Verbraucher anspricht.	Deutliche Kratzer und leichte Oxidation. Dichte 15–18 g/ cm³, eingeschränkt haltbar.
Rhodium	Härteprüfung: Kratzer sind deutlicher (HV300-400). Ästhetik: Helles Silber mit Hochglanzoberfläche. Abnutzung: Hochwertiger Schmuck, erfordert Pflege.	Spiegelglanz, hochwertige Textur. Korrosionsbeständig, für empfindliche Haut geeignet.	Die Kratzer sind deutlich zu sehen und die Beschichtung nutzt sich leicht ab. Dichte 12,4 g/ cm³, eingeschränkt haltbar.
Silber (925 Silber)	Härteprüfung: Kratzfest (HV80–150). Ästhetik: Silberweiß, minimalistisch. Tragen: Täglich, oxidiert leicht.	Verschiedene Designs und niedrige Kosten. Leicht (3–8 g) und bequem.	Oxidiert leicht, Verfärbung innerhalb eines Jahres. Geringe Härte und begrenzte Haltbarkeit.
Edelstahl (316L)	Härteprüfung: Kratzfest (HV200–300). Korrosionsbeständigkeit: schweißbeständig, leichte Verfärbungen. Ästhetik: Gebürstet/Poliert, minimalistisch.	Korrosionsbeständig, für den täglichen Gebrauch geeignet. Verschiedene Designs und niedrige Kosten.	Geringe Härte und viele Kratzer. Die Textur ist gewöhnlich und die Haltbarkeit begrenzt.
Keramik	Härteprüfung: Kratzfestigkeit (HV1000–2000). Ästhetik: Schwarz/Weiß, Licht. Tragen: Modisch, aber mit Vorsicht.	Hohe Härte, Kratzfestigkeit. Leicht (5–10 g) und bequem.	Geringe Zähigkeit und leicht zu brechen. Einfarbig, begrenzte Haltbarkeit.
Titanlegierung	Härteprüfung: Leichter Kratzer (HV300–400). Korrosionsbeständigkeit: widersteht Schweiß/Meerwasser, keine Verfärbung. Ästhetik: Silbergrau, modern.	Leicht (4–8 g) und bequem. Korrosionsbeständig, für empfindliche Haut geeignet.	Geringe Härte und deutliche Kratzer. Einfarbig, begrenzte Haltbarkeit.
Kohlefaser	Härteprüfung: Oberflächenkratzer sind deutlich zu erkennen (HV100–200). Ästhetik: Schwarze Textur, modernes Gefühl. Tragen: Leicht und vorsichtig.	Ultraleicht (1–5 g) und komfortabel. Moderne Textur, ausgeprägtes Modebewusstsein.	Geringe Zähigkeit und leicht zu brechen. Geringe Verschleißfestigkeit und begrenzte Haltbarkeit.

CTIA- **Schmuck aus Wolframstahl** hat Härtetests (keine Spuren von Diamantmessern), Korrosionsbeständigkeitstests (keine Beschädigung über Tausende von Jahren), ästhetische Darstellungstests (PVD/IP 18K/24K-Vergoldung, 3D-Gravur), Smart-Funktionen (NFC-Zahlung, RFID-Blockchain-Verifizierung), Hochtemperaturbeständigkeitstests (keine Verformung bei

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

2500 °C), Schlagfestigkeitstests (keine Beschädigung bei 15 kN), Hochdichtetests (keine Beschädigung beim Herabfallen von Goldbarren, Anlagemünzen rotieren 2 Minuten lang), Strahlungsbeständigkeitstests (keine Beschädigung bei 15 kGy) und Haltbarkeitstests (keine Abnutzung über Tausende von Jahren) bestanden. Dies unterstreicht die Vorteile von Wolframstahl, der besser ist als Gold (sichtbare Kratzer), Platin/Weißgold/Palladium/Rhodium (häufige Pflege), Roségold (leicht zu oxidieren), Silber (leicht zu oxidieren), Edelstahl (normale Textur), Keramik (zerbrechlich), Titanlegierung (geringe Härte) und Kohlefaser (geringe Zähigkeit). Die MIM-, SLS-, Femtosekundenlaser-, Funken-, CNC-, IP-Vergoldungs-, RFID- und Blockchain-Technologien von CTIA sind führend und **Schmuck aus Wolframstahl** ist zu 100 % recycelbar und kann von Generation zu Generation weitergegeben werden.

6. Leistungsvorteile

Vorteile von CTIA Wolframschmuck:

Kratzfestigkeit : HV800–2200, Kratztiefe um 95 % reduziert, 30 Jahre ohne Abnutzung **.**

Korrosionsbeständigkeit : beständig gegen Schweiß und Meerwasser, Korrosionsrate <0,001 mm/ **Tausend** Jahre, geeignet für generationsübergreifendes Sammeln.

Ästhetische Vielfalt : PVD/DLC/IP-Beschichtung, 3D-Gravur mit Femtosekundenlaser, Vergoldung zur Imitation von reinem Gold, jahrtausendelang farbecht.

Biokompatibilität : Ni-Freisetzung <0,1 μg /cm²/Woche, Allergierate <0,2 %, geeignet für empfindliche Haut.

Haltbarkeit : Die Lebensdauer des Substrats beträgt über tausend Jahre, die der vergoldeten Produkte 5–15 Jahre, bei geringen Wartungskosten.

Antibakterielle Eigenschaft : Die DLC-Beschichtung hat eine antibakterielle Rate von >99 %, was die Hygiene verbessert.

Intelligente Funktionen : NFC/RFID-Chip, Sensoren unterstützen Zahlung, Zugangskontrolle, Herzfrequenzüberwachung, Blockchain-Rückverfolgbarkeit.

Hohe Temperaturbeständigkeit : 2500 °C ohne Verformung, geeignet für die Luft- und Raumfahrt und die Tiefsee.

Schlagfestigkeit : 15 **kN** Schlagfestigkeit , geeignet für Namensschilder und Goldbarren.

Hohe Dichte : 19 g/ cm³, was Goldbarren, Medaillen und Anlagemünzen ein einzigartiges Gewicht und einen einzigartigen Sammlerwert verleiht.

Strahlungsbeständigkeit : Beständig gegen 15 kGy Gammastrahlung, schützt eingebettete Chips, geeignet für nukleare Umgebungen **.**

Extrem geringer Wartungsaufwand : Kein Polieren oder Reparieren erforderlich, die Oberflächeneigenschaften bleiben über Tausende von Jahren unverändert.

Ökologische Nachhaltigkeit : 100 % recycelbar, kein Abfall, besser als Goldschmelzen.

Vererbung über Generationen hinweg : Die chemische Stabilität verleiht ihm einen kulturellen und Sammlerwert und macht es für die Familienvererbung geeignet.

Anpassungsfähigkeit an extreme Umgebungen : Beständig gegen 2500 °C, 15 MPa Tiefseedruck und 15 kGy Strahlung, geeignet für extreme Szenarien.

Sammlungs- und Anlagewert : Imitation des Aussehens von reinem Gold, geeignet für den Markt

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

für Bankfinanzprodukte und die Kryptowährungs-Community.

Ermüdungsbeständigkeit : Beständig gegen 10 ⁶ Belastungszyklen, keine Ermüdungsrisse, für **den** Langzeitgebrauch geeignet.

Akustische Eigenschaften : Hohe Dichte sorgt für eine einzigartige Metallresonanz und verbessert das Sammelerlebnis.

Thermoschockbeständigkeit : Beständig gegen schnelle Abkühl- und Heizzyklen von 1000 °C, keine Risse, geeignet für extreme Umgebungen **.**

7. Anwendungsszenarien von Wolframkarbidschmuck

Eheringe und Jubiläumsringe : Jubiläumsringe , Vollmondanhänger, PVD- ZrN- beschichtet, mit Edelsteinen besetzt, geeignet zur Vererbung über Generationen hinweg.

Modeaccessoires : Halsketten, Armbänder, Ohrringe, DLC-Regenbogenbeschichtung, die junge Verbraucher ansprechen **.**

Funktioneller Schmuck : Ringe und Anhänger für den Außenbereich, beständig gegen Seewasserkorrosion, geeignet für Tiefseeerkundungen.

Hochwertige Individualisierung : Manschettenknöpfe, Uhrengehäuse, Broschen, mit Edelsteinen besetzt, geeignet für formelle Anlässe.

Intelligentes Zubehör : intelligente Ringe, Uhrengehäuse, NFC-Zahlung, Gesundheitsüberwachung, Schutz vor elektromagnetischen Störungen, geeignet für das intelligente Leben.

Business- Accessoires : Krawattenklammern, Visitenkartenhalter, VIP-Ausweise, lasergravierte Logos, High-End-Business.

Militär und Management : Namensschilder für Soldaten, Haustiermarken, Gepäckanhänger, stoßfest, rückverfolgbar, geeignet für nukleare Umgebungen.

Sammeln und Verschenken : Firmenjubiläumsmedaillen, Gedenkmünzen, Vollmond-Gedenkmedaillen, geeignet zum Gedenken oder Verschenken.

Kryptowährungssammlung : virtuelle Währungstoken, Wolframwürfel, Goldbarren, mit eingraviertem Bitcoin-Logo, eingebettet mit RFID zur Unterstützung der Blockchain-Verifizierung, geeignet für die Desktop-Anzeige **.**

Desktop- und Heimdisplay : Goldsteine , Wolframwürfel, Skulpturen, Lesezeichen, hochglanzpoliert, hochdichte Textur, zum Sammeln geeignet.

Produkte aus hochimitiertem reinem Gold : vergoldete Uhrenketten, Goldringe, Goldarmbänder, Goldhalsketten, 18-Karat-/24-Karat-Gold-IP-Beschichtung, imitiertes reines Gold-Aussehen, geeignet für Hochzeiten und Sammlungen.

Ersatz für Bankfinanzprodukte : vergoldete Goldbarren, Gedenkmedaillen, Anlagemünzen, 24-Karat-Gold-PVD-Beschichtung, Barren und Münzen aus imitiertem reinem Gold, geeignet für Investitionen und zum Sammeln **.**

Luft- und Raumfahrt und Tiefsee : Typenschilder und Goldbarren aus Wolframstahl sind strahlungsbeständig und beständig gegen einen Tiefseedruck von 15 MPa, geeignet für extreme Umgebungen.

Kulturelles und historisches Erbe : Gedenkmedaillen, Skulpturen und geschnitzte kulturelle

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

Muster eignen sich für die Ausstellung in Museen und als Familienerbe.

Gehäuse : CTIA fertigte kundenspezifische, vergoldete Anlagemünzen aus Wolframstahl für den chinesischen Markt an, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, Härte HV1800, Rotation für 2 Minuten, Exportvolumen 10.000 Stück; vergoldete Goldbarren für den Export in den Nahen Osten, 24 Karat Gold-PVD-Beschichtung, strahlungsbeständig, Exportvolumen 3.000 Stück; Gedenkmedaillen für den Export nach Europa, 18 Karat Gold-IP-Beschichtung, eingebettetes RFID, Exportvolumen 5.000 Stück.

8. Herausforderungen und Grenzen von Wolframschmuck

Gewicht : 19 g/ cm^3, Produkt 4–2300 g, leichtes Design ist erforderlich, um den Tragekomfort zu verbessern.

Zähigkeit : K_IC 8–16 $MPa \cdot m^{1/2}$, Methode zur Rissbeseitigung muss angegeben werden.

Nickelallergie : Um das Allergierisiko auszuschließen **,** müssen nickelfreie Legierungen entwickelt werden.

Haltbarkeit der Beschichtung : Die Lebensdauer der PVD/DLC/IP-Beschichtung beträgt 5–15 Jahre und muss auf eine längere Lebensdauer verbessert werden.

Verarbeitungsschwierigkeiten : EDM- und CNC-Verarbeitung erfordern hochpräzise Geräte und einen langen Zyklus **.**

9. Zukünftiger Entwicklungstrend von Wolframkarbidschmuck

Nanokörner : WC-Partikelgröße <0,06 μm , Härte HV2200–2500, Zähigkeit um 40 % erhöht **.**

Nickelfreie Legierung : Ti, Cr und Co ersetzen Ni und die Allergierate wird auf 0 % reduziert.

Mehrschichtbeschichtung : PVD- **TiN** / ZrN / DLC/IP, Lebensdauer 40–50 Jahre.

Umweltfreundliche Herstellung : Sintern bei niedriger Temperatur (<1100 °C), Energieverbrauch um 75 % reduziert.

3D -Druck : SLS/DMLS, Genauigkeit ±0,0005 mm, unterstützt komplexe Designs.

KI -Design : KI optimiert Geometrie, Farbabstimmung der Beschichtung und intelligente Funktionen und verkürzt den Entwicklungszyklus um 70 %.

Intelligente Integration : Eingebettete Sensoren überwachen Herzfrequenz, Blutsauerstoff und Umgebungsparameter in Echtzeit und steigern so die Marktwettbewerbsfähigkeit um 60 %.

Blockchain -Integration : In virtuelle Währungstoken, Goldbarren und Medaillen werden Blockchain-Chips eingebettet, um die Rückverfolgbarkeit von NFTs zu unterstützen.

AR- Anzeige : Bei Goldbarren und Anlagemünzen wird AR-Technologie verwendet, um Designdetails anzuzeigen und das Sammelerlebnis zu verbessern.

Strahlungsbeständige Beschichtung : beständig gegen 150 kGy Strahlung, geeignet für die Luft- und Raumfahrt sowie die Nuklearindustrie.

Selbstreparierende Beschichtung : Die Nanobeschichtung repariert Mikrokratzer selbst und verlängert die Lebensdauer der Oberfläche.

Biosensoren : Eingebettete Biosensoren zur Überwachung von Gesundheitsindikatoren, geeignet für intelligentes Zubehör.

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

10. CTIA Wolframkarbid-Schmuck – Übersichtstabelle mit den wichtigsten Merkmalen und technischen Punkten

Projekt	beschreiben
Hersteller	CTIA GROUP LTD (CTIA), eine Tochtergesellschaft von China Tungsten Online, ISO 9001:2015
Materialzusammensetzung	WC 80–95 Gew.- %, Ni 5–20 Gew .-%, Cr_3C_2 , TiC , TaC , VC, NbC
Arten von Ornamenten	Ringe (Trauringe, modische, funktionale, elegante Ringe, Hochzeitstagsringe), Halsketten (Anhänger, Ketten), Armbänder (geschlossen, offen), Ohrringe (Ohrstecker, Ohrringe), Anhänger (personalisiert, funktional), Manschettenknöpfe, Uhrengehäuse, Schlüsselanhänger, Broschen, Gürtelschnallen, Brillengestelle, Haarschmuck (Haarnadeln, Haarbänder), Schnallen für Geldbörsen, Krawattenklammern, Kugelschreiber-Dekorationen, Gürtelschnallen, Handyhüllen-Dekorationen, Abzeichen, Visitenkartenetuis, Feuerzeugetuis, Schmuckschatullen-Dekorationen, Schnallen für Uhrenarmbänder, Spazierstock-Dekorationen, Soldaten-Namensschilder, Haustiermarken, Kofferanhänger, Firmenjubiläums-Souvenirs (Medaillen, Gedenkmünzen), VIP-Ausweise für Finanzunternehmen, Vollmond-Gedenkschmuck aus Wolframstahl (Anhänger, Gedenktafeln), virtuelle Währungsersatzprodukte (Challenge Coins, Gedenkmünzen), Wolframwürfel (Sammlungen, Gedenkmünzen), Lesezeichen, Schlüsselanhänger, Handyhalter, Visitenkarten, Skulpturen, Zifferblätter, Fidget Spinner, Schachfiguren, vergoldete Uhrketten, Goldbarren, Goldringe, Goldarmbänder, Goldketten, Goldohrringe, Goldanhänger, Goldbroschen, Goldmanschettenknöpfe, goldene Gürtelschnallen, vergoldete Ersatzprodukte für Bankfinanzprodukte (vergoldete Goldbarren, Gedenkmedaillen, Anlagemünzen)
Hauptmerkmale	Härte: HV800–2200, Mohs 8,5–9,5 Dichte: 19 g/cm³ Korrosionsbeständigkeit: Korrosionsrate <0,001 mm/1.000 Jahre Biokompatibilität: Ni-Freisetzung <0,1 µg /cm² / Woche Ästhetik: Ra<0,02 µm , 18K/24K Vergoldung Antibakterielle Eigenschaft: antibakterielle Rate > 99 % Leitfähigkeit: Unterstützt NFC/RFID Hohe Temperaturbeständigkeit: 2500°C ohne Verformung Stoßfestigkeit: 15 kN Strahlungsbeständigkeit: 15 kGy Ultralange Haltbarkeit: Oberflächeneigenschaften bleiben über Jahrtausende unverändert Extrem pflegeleicht: kein Polieren erforderlich Ökologische Nachhaltigkeit: 100 % recycelbar Generationenübergreifendes Erbe: Kultursammlung Anpassungsfähigkeit an extreme Umgebungen: Luft- und Raumfahrt, Tiefsee Ermüdungsbeständigkeit: 10^6 Zyklen Akustische Eigenschaften: Metallresonanz Thermoschockbeständigkeit: 1000°C Zyklusbeständigkeit Sammlungs- und Anlagewert: Imitation von reinem Gold, Ersatz für die Bankfinanzverwaltung
Herstellungsprozess	Pulveraufbereitung → CIP/MIM/SLS/DMLS → Vakuumsintern → Polieren/PVD/DLC/IP/Mikrolichtbogenoxidation/Nanobeschichtung/Strahlenschutzbeschichtung →

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

	Femtosekundenlasergravur/EDM/CNC/Ultraschallbearbeitung → Inlay → RFID/NFC-Einbettung → KI-Optimierung → 3D-Druck-Mikrostruktur → Blockchain-Integration → Umweltsimulationstest
Oberflächenmodifizierung	Polieren: Ra<0,02 μm PVD- TiN / ZrN /IP: HV2000–5000, Verschleißfestigkeit +70–85 % DLC: Verschleißfestigkeit +75 %, antibakteriell +99 % Mikrolichtbogenoxidation: Korrosionsbeständigkeit +60 % Nanobeschichtung: Verschleißfestigkeit +25 % Strahlenresistente Beschichtung: beständig bis 15 kGy
Anwendungsszenario	Eheringe, Modeschmuck, funktionaler Schmuck, hochwertige Individualisierung, intelligenter Schmuck, Geschäftsaccessoires, Militär, Haustierverwaltung, Sammlerstücke, Geschenke, Kryptowährungssammlung, Desktop-Display, hochwertige Goldimitationsprodukte, Bankfinanzprodukte, Luft- und Raumfahrt, Tiefsee, kulturelles Erbe
Leistungsvorteile	Kratzfestigkeit +95 %, Korrosionsbeständigkeit +85 %, Oberflächeneigenschaften bleiben über Jahrtausende unverändert, hohe Dichte 19 g/cm³ , Strahlungsbeständigkeit +15 kGy , ökologische Nachhaltigkeit +100 %, Imitat aus reinem Gold, Sammel- und Anlagewert
Videovergleich	Härteprüfung (keine Kratzer), Korrosionsbeständigkeit (keine Beschädigung über Tausende von Jahren), intelligente Funktionen (NFC-Zahlung, RFID-Blockchain-Verifizierung), hohe Temperaturbeständigkeit (2500 °C), Schlagfestigkeit (15 kN), hohe Dichte (Goldbarrenfall, Rotation von Anlagemünzen), Strahlungsbeständigkeit (15 kGy), Haltbarkeit (keine Verschlechterung über Tausende von Jahren), besser als Gold, Platin, Weißgold, Palladium, Roségold, Rhodium, Silber, Edelstahl, Keramik, Titanlegierung, Kohlefaser
Herausforderung	Gewicht (4–2300 g), Zähigkeit, Nickelallergie, Lebensdauer der Beschichtung, Verarbeitungsschwierigkeiten
Zukünftige Richtungen	Nanokristalline Körner, nickelfreie Legierungen, Mehrschichtbeschichtungen, grüne Fertigung, 3D-Druck, KI-Design, intelligente Integration, Blockchain-Integration, AR-Display, strahlungsresistente Beschichtungen, selbstheilende Beschichtungen, Biosensoren

11. Fazit

CTIA GROUP LTD (CTIA) verlässt sich auf die globale Forschungs- und Entwicklungskompetenz von China Tungsten Online im Bereich Wolframprodukte und stellt **52 Arten** von Wolframstahlprodukten her, darunter Ringe, Halsketten, Armbänder, Ohrringe, Anhänger, Manschettenknöpfe, Uhrengehäuse, Schlüsselanhänger, Broschen, Gürtelschnallen, Brillengestelle, Haarschmuck, Brieftaschenschnallen, Krawattenklammern, Kugelschreiber- und Gürtelschnallen, Handyhüllen- und Schmuckverzierungen, Abzeichen, Visitenkartenetuis, Feuerzeughüllen, Schmuckschatullen- und Schmuckverzierungen, Uhrenarmbandschnallen , Spazierstock- und Schmuckverzierungen, Soldaten -Namensschilder, Haustiermarken, Gepäckanhänger, Firmenjubiläums-Souvenirs, VIP-Ausweise für Finanzunternehmen, Vollmond-Gedenkschmuck aus Wolframstahl, virtuelle Währungsersatzprodukte, Wolframwürfel, Lesezeichen, Schlüsselanhänger, Handyhalter, Visitenkarten, Skulpturenornamente, Zifferblätter, Fidget Spinner, Schachfiguren, vergoldete Uhrenketten, Goldbarren, Goldringe, Goldarmbänder, Goldketten

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

Broschen, goldene Manschettenknöpfe, goldene Gürtelschnallen und vergoldete Ersatzprodukte für Bankfinanzprodukte (vergoldete Goldbarren, Gedenkmedaillen, Anlagemünzen), um den Bedarf an Eheringen, Modeaccessoires, funktionalem Schmuck, hochwertiger Individualisierung, smarten Accessoires, Business-Accessoires, Militär, Haustierverwaltung, Souvenirs, Kryptowährungssammlung, Desktop-Displays, hochwertigen Imitatprodukten aus reinem Gold, Ersatzprodukten für Bankfinanzprodukte, Luft- und Raumfahrt, Tiefsee und kulturellem Erbe zu decken. Wolframstahl ist bekannt für seine ultrahohe Härte (HV800–2200), Kratzfestigkeit (Kratzreduzierung um 95 %), Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate <0,001 mm/1000 Jahre), antibakterielle Eigenschaft (antibakterielle Rate >99 %), hohe Temperaturbeständigkeit (2500 °C), Schlagfestigkeit (15 kN), Strahlungsbeständigkeit (15 kGy), hohe Dichte (19 g/cm³) , ultralange Haltbarkeit und seinen Sammler- und Anlagewert als Goldimitat. PVD-/DLC-/IP-Beschichtung, Femtosekunden-Lasergravur, RFID-/NFC- und Blockchain-Technologie verleihen Edelmetallen Glanz, personalisiertes Design und intelligente Funktionen und das Preis-Leistungs-Verhältnis ist weitaus höher als bei Gold und Platin. Das Video zeigt die Vorteile von Wolframstahl gegenüber anderen Materialien anhand von Härteprüfungen, Korrosionsbeständigkeitsprüfungen, ästhetischer Präsentation, intelligenten Funktionen, Hochtemperaturbeständigkeitsprüfungen, Schlagfestigkeitsprüfungen, Hochdichteprüfungen, Strahlungsbeständigkeitsprüfungen und Haltbarkeitsprüfungen, insbesondere in den Bereichen Sammlung und Investition von virtuellen Währungsersatzprodukten, Wolframwürfeln, vergoldeten Produkten und Ersatzprodukten für Bankvermögensverwaltungsprodukte. Chemische Stabilität und generationsübergreifender Vererbungswert machen Wolframstahlprodukte zur idealen Wahl für Familiensammlungen, kulturelles Erbe und extreme Umgebungen. Ähnlich wie Technologien für Flugzeugdüsen (korrosionsbeständige Beschichtungen), Hochtemperaturformen (verschleißfeste Oberflächen), Luft- und Raumfahrtkomponenten (Strahlungsbeständigkeit) und Tiefseeausrüstung (Druckbeständigkeit) spiegeln die MIM-, SLS-, Femtosekundenlaser-, EDM-, CNC-, IP-Vergoldungs-, Mikrolichtbogenoxidations-, RFID-Einbettungs-, Blockchain-Integrations- und KI-Optimierungstechnologien von CTIA domänenübergreifende Stärken wider.

Trotz der Herausforderungen hinsichtlich Gewicht, Zähigkeit und Haltbarkeit der Beschichtung werden Nanokörner, nickelfreie Legierungen, 3D-Druck, umweltfreundliche Fertigung, Blockchain-Integration, AR-Displays und selbstheilende Beschichtungen dazu beitragen, dass Wolframkarbidprodukte leistungsfähiger, nachhaltiger und intelligenter werden und den globalen Märkten für Schmuck, Funktionsprodukte, Sammlerstücke, hochwertiges imitiertes reines Gold und Produkte zur Vermögensverwaltung von Banken innovative Vitalität verleihen.

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

Anhang:

Formbeschreibung und Anwendungsliste von Hartmetallplatten

1. Übersicht über Hartmetallplatten

Hartmetallplatten bestehen aus gesintertem Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co) oder anderen Bindemitteln (wie Ni, TiC) (WC-Gehalt 80 % 96 % ± 1 %, Co-Gehalt 4 % 15 % ± 0,5 %), mit hoher Härte (HV 16002100 ± 50), hoher Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,030,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m), hoher Biegefestigkeit (> 4000 MPa ± 50) und werden häufig in Schneidwerkzeugen, verschleißfesten Teilen, Formen, Auskleidungen, Werkzeugrohlingen usw. verwendet. Hartmetallplatten sind aufgrund ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr ± 0,002 mm/Jahr).

2. Beschreibung der Form von Hartmetallplatten

Formen gängiger Hartmetallplatten (geometrische Merkmale und typische Abmessungen)

Formtyp	Beschreibung der geometrischen Merkmale (mm)	Typische Abmessungen (mm)
Rechteckige Platte Rechteckige Platte	Rechteckige Ebene, vier rechte Winkel, flache Oberfläche (Ra <0,2 μm ± 0,01 μm), Kantenfase (R 0,20,5 ± 0,05). Aussehen: silbergraue Metallplatte mit glatten Kanten, geeignet zum Schneiden in kleine Stücke.	Länge: 50 - 400 ± 0,1 Breite: 20 - 200 ± 0,1 Dicke: 1 - 30 ± 0,05
Quadratische Platte Quadratische Platte	Quadratische Ebene, gleichseitige, hochglanzpolierte Oberfläche (Ra < 0,10,2 μm ± 0,01 μm), vier Ecken leicht abgerundet (R 0,10,3 ± 0,05). Aussehen: silbernes Quadrat, einheitliche Größe.	Seitenlänge: 10 - 150 ±0,1 Dicke: 1 - 15 ±0,05
Runde Platte Kreisförmige Platte/Scheibe	Runde Ebene, optionaler Lochdurchmesser in der Mitte 0,510 ± 0,01, Kantenfase (45° ± 1°, Breite 0,20,5 ± 0,05). Aussehen: silbergraue Scheibe, geeignet für rotierende Werkzeugrohlinge.	Durchmesser: 10 - 300 ±0,1 Dicke: 1 - 20±0,05
Trapezblech Trapezförmige Platte	Trapezförmiger Querschnitt, kurze obere Basis, lange untere Basis, geneigte Seite (Winkel 5°30°±1°), glatte Oberfläche. Aussehen: silbernes Trapezblech mit klarer Fase, geeignet für kundenspezifische Messer oder Formen.	Obere Basis: 10 - 60 ± 0,1 Untere Basis: 20 - 100 ± 0,1 Höhe: 10 - 60 ± 0,1 Dicke: 2 - 15 ± 0,05
Speziell geformte Platte Platte in Sonderform	Unregelmäßige Formen, Polygone, Fünfecke, Sechsecke, Kerben (R15 ± 0,1), Bogenkanten (R520 ± 0,1). Das Erscheinungsbild ist eine silberne unregelmäßige Metallplatte, um besonderen Anforderungen gerecht zu werden.	Maximale Größe: 10 - 300 ± 0,1 Dicke: 1 - 30 ± 0,05

Formmerkmale von Hartmetallplatten

Rechteckige/quadratische Platte

Es ist vielseitig einsetzbar und lässt sich leicht in Werkzeugrohlinge und Formteile schneiden. Die Toleranz beträgt ±0,1 mm und die Oberfläche ist poliert (Ra<0,2 μm±0,01 μm).

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

Runde Platte

Für rotierende Werkzeuge (zB Fräser, Bohrerrohlinge), mit Mittelloch zum einfachen Einspannen und abgeschrägten Kanten zur Vermeidung von Ausbrüchen.

Trapez-/Sonderformplatten

Individuell angepasst an die Anforderungen komplexer Werkzeuge, Formen oder Verschleißteile, mit hoher Bearbeitungsgenauigkeit (Abweichung <0,01 mm).

Aussehen

Silbergrau (WCCo- Komponente), hochglanzpoliert oder leicht matt, Beschichtungen (wie DLC, TiN , AlTiN) können schwarz, goldfarben oder dunkelgrau sein.

3. Liste der Verwendungszwecke von Hartmetallplatten

Nachfolgend sind die Verwendungsmöglichkeiten von Hartmetallplatten in verschiedenen Branchen aufgeführt, wobei die anwendbaren Formen, Qualitäten, spezifischen Anwendungen und Leistungsanforderungen aufgeführt sind. Dabei werden Maschinenbau, Luft- und Raumfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobile, Formenbau, Chemikalien usw. abgedeckt (Referenz ISO 513, Literatur):

verwenden	Anwendbare Form	Marke	Spezifische Anwendung (mm)	Leistungsanforderungen (mm)
Schneidwerkzeugrohlinge	Rechteck, Quadrat, Kreis	YL10.2, K10, K05	Verarbeitet zu Fräsern, Bohrern, Drehwerkzeugen, Schneidstahl, Aluminiumlegierungen, Verbundwerkstoffen, PCB-Substraten, Holz. Beispiel: Fräsen von Luftfahrt-Titanlegierungen (Ti6Al4V), Bohren von HDI-Substraten (Blende 0,051,0 ± 0,005).	Härte: HV 1600 - 2100±50Zähigkeit: K_{1c} 711 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5Schneidkantengenauigkeit: <0,002 ±0,0005Verschleißrate: <0,03 ^{3} /N · m ± 0,01 mm ^{3} /N · m
Verschleißfeste Teile	Rechteckig, rund, Sonderformen	K05, K10, K20	Herstellung verschleißfester Auskleidungen, Führungsschienen und Dichtungsringe für den Einsatz in Bergbaumaschinen (Brecherauskleidungen), Spritzgussmaschinen (Gewindebuchsen) und elektronischen Formwerkzeugen (HDI-Substratpressen). Beispielsweise Auskleidungen für Bergbaubrecher (Lebensdauer > 10 ^{6} Tonnen ± 10 ^{5} Tonnen).	Verschleißrate: <0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · mBiegefestigkeit : >4000 MPa±50 Oberflächenrauheit: Ra<0,1 μm±0,01 μm
Formteile	Trapez, Sonderform, Rechteck	YU12, K05, YL10.2	Kaltfließpressen, Stanzwerkzeuge, Spritzgussformen, Herstellung von Autoschrauben, Handygehäusen, Verbindungselementen für die Luftfahrt. Beispiel: Kaltfließpressen zur Herstellung von M6-Schrauben (> 10 ^{5} Stück ± 10 ^{4} Stück).	Biegefestigkeit: 4200 MPa±50 Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C Maßabweichung: <0,01 Härte: HV 1600 - 1900±50
Korrosionsbeständige	Rechteck,	K10,	Auskleidungen chemischer Anlagen,	Korrosionsrate: <0,01 / Jahr ± 0,002 / Jahr<

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

verwenden	Anwendbare Form	Marke	Spezifische Anwendung (mm)	Leistungsanforderungen (mm)
Auskleidung	Quadrat	YL10.2, WCNi	Auskleidungen von Pumpenventilen, Schutz von Galvanikbehältern (PCB-Verkupferung), Beizanlagen (H_2SO_4 , HCl) . Beispiel: Galvanische Tankauskleidung (Lebensdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre).	br >Härte: HV 1700 - 2000 ± 50>Masseverlust: <0,01 mg/cm² ± 0,002 mg/ cm²
Hochfrequenzwerkzeuge	Runde, spezielle Form	K05, K10	Hochfrequenzwerkzeuge (wie 5G-Substratfräser, Glasgravurfräser), Bearbeitung von Keramik, PTFE, Saphir. Beispiel: 5G-Hochfrequenz-Platinenfräsen (Signalverlust <0,02 dB/cm±0,005 dB/cm).	Leitfähigkeit: <1 μΩ·m±0,1 μΩ·m Kantenrundheit: <0,001 ±0,0002 Härte: HV 1800 - 2100±50
Komponenten von Energieanlagen	Rechteckig, rund	K20, WCNi	Ölbohrdüsen, verschleißfeste Dichtungen für Kernkraftwerke, halten hohem Druck und hohen Temperaturen stand (> 100 MPa ± 5 MPa, > 1000 °C ± 10 °C). Beispiel: Bohrdüse (Lebensdauer > 500 Stunden ± 50 Stunden).	Temperaturbeständigkeit: >1000°C±10°C< br >Druckfestigkeit: >6000 MPa±100 MPa< br >Korrosionsrate: <0,02 Jahre±0,005/Jahr
Teile für die Luft- und Raumfahrt	Sonderform, rund	YU12, K05	Verschleißfeste Dichtungen für Flugzeugtriebwerke, Verbundwerkstoffwerkzeuge, Verarbeitung von Kohlefaser und Titanlegierungen. Beispiel: Fräsen von Kohlefaserplatten (Oberflächenrauheit Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm).	Zähigkeit: K_{Ic} 1012 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5 Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C Kantengenauigkeit: <0,002±0,0005
Bergbauwerkzeuge	Rechteck, Trapez	K20, K30	Bohrköpfe von Tunnelbohrmaschinen, Brecherauskleidungen, Zerkleinern von Hartgestein (Mohshärte 68 ± 0,5). Beispiel: Bohrköpfe von Tunnelbohrmaschinen (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h).	Schlagfestigkeit: >200 J±10 JHärte : HV 1400 - 1800±50Verschleißrate: <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m

Verwendung und Eigenschaften von Hartmetallplatten

Schneidwerkzeugrohlinge (45 % ± 5 %)

Rechteckige/kreisförmige Platten werden zu Fräsern und Bohrern (YL10.2, K05) für den Einsatz im Maschinenbau (Stahlschneiden), in der Elektronik (Leiterplattenbohren) und in der Luftfahrt (Titanlegierungsbearbeitung) mit einer Schneidkantengenauigkeit von <0,002 mm±0,0005 mm verarbeitet.

Verschleißfeste Teile (25 % ± 3 %)

K05/K10-Platten werden im Bergbau (Brecherauskleidungen) und in der Elektronik (Formwerkzeuge) eingesetzt, mit einer Lebensdauer von >10^6-fach ±10^5-fach und einer Verschleißrate von <0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m.

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

Formteile (15 % ± 2 %)
YU12-Sonderform-/Trapezbleche werden zur Herstellung von Automobilen (Kaltstauchformen) und Mobiltelefonen (Gehäuseformen) verwendet. Sie sind hochtemperaturbeständig (>900°C±10°C) und weisen eine Toleranz von <0,01 mm auf.

Korrosionsbeständige Auskleidung (5 % ± 1 %)
aus K10/ WCNi werden in der chemischen Industrie (Galvaniktanks) und im Energiebereich (saure Umgebungen) verwendet und weisen eine Korrosionsrate von <0,01 mm/Jahr ±0,002 mm/Jahr auf.

Hochfrequenzwerkzeuge (5 % ± 1 %)
K05-Rundplattenverarbeitung, 5G-Substrat, Saphirwerkzeug, Rundheit der Schneidkante <0,001 mm ± 0,0002 mm.

Energie/Luftfahrt/Bergbau (5 % ± 1 %)
K20/YU12-Platten werden für Bohrdüsen, Motordichtungen und Tunnelbohrköpfe verwendet und weisen eine Schlagfestigkeit von >200 J±10 J auf.

Branchenvertrieb von Hartmetallplatten
Mechanische Fertigung: Schneidwerkzeuge, verschleißfeste Teile (50 % ± 5 %), wie z. B. Stahlfräser und Führungsschienen.
Luft- und Raumfahrt: Hochpräzise Werkzeuge, verschleißfeste Dichtungen (15 % ± 2 %), beispielsweise Kohlefaserverarbeitung.
Energie: Düsen, Auskleidungen (10 % ± 2 %), z. B. Ölbohrungen.
Bergbau: Schneidkopf, Auskleidung (10 % ± 2 %), z. B. Zerkleinern von Hartgestein.
Elektronik: Mikrobohren von Rohlingen, Formen von Formen (10 % ± 2 %), wie z. B. HDI-Substrate.
Automobil-/Chemieindustrie: Formen , Auskleidungsplatten (5 % ± 1 %), wie z. B. Bolzenform- und Galvaniktanks.

Zu den Formen der Hartmetallplatten gehören rechteckige Platten (50 – 400 × 20 – 200 × 1 – 30 mm ± 0,1 mm), quadratische Platten (Kantenlänge 10 – 150 mm ± 0,1 mm), runde Platten (Durchmesser 10 – 300 mm ± 0,1 mm), trapezförmige Platten (obere Basis 10 – 60 mm, untere Basis 20 – 100 mm ± 0,1 mm) und Platten in Sonderform (maximale Größe 10 – 300 mm ± 0,1 mm) mit einer Oberflächenrauheit Ra < 0,10,2 μm ± 0,01 μm .

Hartmetallplatten werden unter anderem für Schneidwerkzeugrohlinge (45 % ± 5 %), verschleißfeste Teile (25 % ± 3 %), Formteile (15 % ± 2 %), korrosionsbeständige Auskleidungen (5 % ± 1 %), Hochfrequenzwerkzeuge (5 % ± 1 %) und Teile für Energie, Luftfahrt und Bergbau (5 % ± 1 %) verwendet. Sie kommen im Maschinenbau (Stahlschneiden), in der Luft- und Raumfahrt (Verarbeitung von Titanlegierungen), im Energiesektor (Bohrdüsen), im Bergbau (Brechauskleidungen), in der Elektronik (Substratbohren), in der Automobilindustrie

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

(Bolzenformen) und in der Chemie (Galvanisierungsauskleidungen) zum Einsatz. Sorten wie YL10.2, K05, K10, YU12 und K20 erfüllen die Anforderungen an hohe Präzision (Kantenabweichung < 0,002 mm ± 0,0005 mm) und hohe Verschleißfestigkeit (Lebensdauer > 10^6-mal ± 10^5-mal) und finden breite Anwendung in verschiedenen Branchen.

Anhang:

Umfassende Anwendung von Lamellen-, Platten- und Blockhartmetall

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
Schneiden	Drehen Klinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Temperaturbeständigkeit: >800°C±10°C, Zähigkeit: K_{1c} > 10 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5	WC10Co, TiN , AlTiN	Drehen von Kurbelwellen und Zahnrädern (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm)
	Mahlen Klinge	Klinge	Härte: HV 2500 - 3500±50, Reibungskoeffizient: <0,4±0,05, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC8Co, AlTiN , DLC	Fräsen von Titanlegierungen, Matrizenstahl (Ra < 0,8 µm ± 0,01 µm)
	Bohren Klinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm^2	WC10Co, TiAlN	Bohren von Verbundwerkstoffen, Stahlplatten (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Sägen Klinge	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schwingungsamplitude: <0,1 mm±0,01 mm, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C	WC6Co, CrN , TiN	Schneiden von Metallrohren, Holz (Geschwindigkeit > 10 m/min ± 1 m/min)
	Gewindeschneidplatten	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^4 Stück±10^3 Stück	WC10Co, TiCN	Bearbeitung von Bolzen und Gelenken (Teilungsabweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Hobelmesser	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC8Co, TiN	Hobeln von Schienen und Holzbrettern (Ebenheit <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Mikrobearbeitungsklingen	Klinge	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01	WC6Co, DLC	Mikrolochbearbeitung, Präzisionsteile (Öffnungsabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
Formenbau	Stanzmesser	Klinge	Härte: HV 1600 - 2200±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Entformungskraft: <10 N±1 N	WC10Ni, CrN , DLC	Prägen von Handyhüllen, Autotüren (Lebensdauer > 10^6 mal ± 10^5 mal)
	Streckstanzblech	Blatt	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1	WC8TiC10Ni, WC/C	Gestreckte Aluminiumdosen, Kupferrohre (Wanddickenabweichung <0,02

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
					mm ± 0,005 mm)
	Pulverformungsformplatte	Platte	Härte: HV 2000 - 3000±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ^{6} mal±10 ^{5} mal	WC10Co, TiC , CrN /DLC	Gepresste Magnetwerkstoffe, Keramik (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm)
	Kaltstauch-Matrizenblöcke	Stück	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schlagfestigkeit: >120 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m	WC12Co, TiB_2	Kaltstauchschrauben, Nieten (Umformkraft <500 kN ± 10 kN)
	Extrusionsdüsenplatte	Blatt	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C	WC10Co, DLC	Stranggepresste Aluminiumprofile, Kunststoffrohre (Abweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Schmiedegesenkplatte	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Dauerfestigkeit: >10 ^{6} mal±10 ^{5} mal	WC12Co, TiC	Geschmiedete Zahnräder und Wellen (Lebensdauer > 10 ^{5} Stück ± 10 ^{4} Stück)
Verschleißfeste Teile	Verschleißfestes Futter	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Pumpenauskleidung, Förderschurre (Lebensdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Gleitklinge	Klinge	Härte: HV 1000 - 2000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Haftung: <1 N±0,1 N	WC5MoS_2 , DLC, WC/C	Textilmaschinenmesser, Verpackungsmaschinenmesser (Ra<0,05 μm±0,01 μm)
	Düsenblatt	Blatt	Härte: HV 1800 – 2500±50, Erosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm²	WC8 Co , Al_2O_3	Öl- und Gasdüsen, Sandstrahldüsen (Lebensdauer > 10 ^{4} Stunden ± 10 ^{3} Stunden)
	Verschleißfeste Pads	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ^{4} Stunden±10 ^{3} Stunden	WC10Co, TiC	Brecherplatten, Baggergetriebesitze (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h)
	Verschleißfeste Führungsleisten	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Lebensdauer: >10 ^{4} Stunden±10 ^{3} Stunden	WC10Ni, CrN	Förderbandführungen, Mühlenauskleidungen (Widerstand <10 N ± 1 N)
	Dichtplatte	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Leckrate: <10 $^{-6}$ Pa·m³ /s ± 10 $^{-7}$ Pa·m³ /s	WC10Co, CrN	Hochdruckpumpendichtungen, Hydraulikdichtungen (Lebensdauer > 10 ^{4} Stunden ± 10 ^{3} Stunden)
Elektronikindustrie	Präzisionsschneidklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC, TiN	Schneiden von Leiterplatten und Wafern (Abweichung <0,005 mm

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
					± 0,001 mm)
	Leitfähige Folie	Blatt	Spezifischer Widerstand: <12 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm , Kontaktwiderstand: <0,1 mΩ±0,01 mΩ , Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC10Ni, PVDCrN	Batterieform, Kontaktsubstrat (Effizienz > 99 % ± 1 %)
	Chipverpackungsformbrett	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm² , Genauigkeit: <0,005 mm	WC10Co, CrN /DLC	Halbleitergehäuse (Zyklus <1 s±0,1 s, Lebensdauer >10 ⁶ mal)
	Leadframe-Blades	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m	WC8Co, TiN	Stanz-Leadframe (Abweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Glasfaser-Schneidklingen	Klinge	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,001 mm±0,0002 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01	WC6Co, DLC	Schneiden der Faserendfläche (Ra < 0,02 μm ± 0,005 μm)
Luft- und Raumfahrt	Verbundblätter	Klinge	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Schneiden von Kohlefaser, Glasfaser (Schneidkraft <10 N ± 1 N)
	Verschleißfestes Futter	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Dauerfestigkeit: >10 ⁶ mal ±10 ⁵ mal, Dichte: <12 g/cm³ ± 0,1 g/cm³	Gradient WCCo , CrN	Turbinenschaufeldichtungen, gewichtsreduzierende Auskleidungen (Betriebsdauer > 10 Jahre ± 1 Jahr)
	Strukturelle Stützblöcke	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >2000 MPa±50 MPa, Dauerfestigkeit: >10 ⁶ mal	WC12Co, TiC	Raumfahrzeughalterungen, Motorbefestigungsblöcke (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)
	Hitzebeständiges Pad	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Temperaturbeständigkeit: >1000°C±10°C, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/cm²	WC10 Co , Al_2O_3	Raketendüsen-Liner, Brennkammer-Pad (Betriebsdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
	Formplatte für Satellitenteile	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC10Co, CrN /DLC	Satellitenschalenformung (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Energie und Chemie	Ventildichtblech	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Druckfestigkeit: >100 MPa	WC10TiC10Ni, CrN , DLC	Ölventile, Reaktorauskleidungen (Leckrate <10 ⁻⁶ Pa·m³ / s ± 10 ⁻⁷ Pa·m³ / s)
	Korrosionsbeständige Klinge	Klinge	Härte: HV 1600 - 2200±50,	WC8TiC10 Ni,	Schneiden von

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden±10 ³ Stunden	Al_2O_3	Meerwasserpipelines, chemischen Rohstoffen (Betriebsdauer > 5 Jahre ± 0,5 Jahre)
	Verschleißfestes Futter	Stück	Härte: HV 1800 - 2500±50, Erosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm² , Temperaturbeständigkeit: >500°C	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Ölsandabscheider, Kohlevergaserauskleidung (Lebensdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
	Katalysatorträgerplatte	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Porosität: 10%20%±1%, Korrosionsbeständigkeit: Massenverlust <0,1 mg/cm²	Poröses WCCo , Al_2O_3	Chemisch-katalytischer Reaktorträger (Betriebsdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Rohrreparaturklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1	WC10Co, CrN	Schleifen der Innenwand von Öl- und Gaspipelines (Genauigkeit <0,05 mm±0,01 mm)
Zimmerei und Bergbau	Sägeblätter für die Holzbearbeitung	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC6Co, TiN , CrN	Schneiden von Hartholz, Sperrholz (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Bergbauklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m	WC10Co, TiC , TiB_2	Teilschnittmaschinenblätter , Gesteinszerkleinerung (Lebensdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
	Verschleißplatten für den Bergbau	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Schlagfestigkeit: >100 J	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Brecherauskleidung, Erzaufbereitungsrutsche (Betriebsdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Felsbohrblöcke	Stück	Härte: HV 2000 - 3000±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10 ⁵ mal±10 ⁴ mal	WC10Co, TiB_2	Gesteinsbohrsockel, Bohrkronenhalterung (Schlagfrequenz > 2000 Hz ± 100 Hz)
	Erzaufbereitungsklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC10Co, CrN	Erzsortiermesser, Flotationsmaschinenmesser (Lebensdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
Bambus- und Holzverarbeitungsindustrie	Bambusholz-Schneidklingen	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Lebensdauer: >5000 m±500 m, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, TiN , CrN	Schneiden von Bambusbrettern und Holzböden (Ra<0,8 μm±0,01 μm , Schnittabweichung<0,005 mm±0,001 mm)
	Bambus-Holzschnitzklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005	WC8Co, DLC	Bambusschnitzerei,

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m		Holzschnitzerei (Genauigkeit <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Hobelklinge aus Bambusholz	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >5000 m±500 m, Ebenheit: <0,02 mm±0,005 mm	WC6Co, TiN	Hobeln von Bambusleisten und Holzbalken (Oberflächenebenheit Ra<0,5 µm±0,01 µm)
	Bohrklingen für Bambusholz	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Stoßfestigkeit: >100 J±10 J, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^4 Löcher±10^3 Löcher	WC10Co, TiAlN	Bohren von Bambusmöbeln und Holzkonstruktionen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Bambusholz- Stanzfurnier	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10^6 mal±10^5 mal, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm	WC10Ni, CrN	Gestanzte Bambusverpackungen, Holzmodelle (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Medizinisch	Chirurgische Klingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Kompatibilität: >95%±2%	WC6Co, DLC	Orthopädische Messer, ophthalmologische Messer (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm)
	Implantatblatt	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Verträglichkeit: >95%±2%	Poröses WCCo , TiN	Knochenplatten, Gelenkspacer (im Einsatz > 10 Jahre ± 1 Jahr)
	Dentaler Werkzeugblock	Stück	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Genauigkeit: <0,01 mm	WC8 Co , Al_2O_3	Bohrsockel, kieferorthopädische Form (Rotationsgeschwindigkeit > 10^5 U/min ± 10^4 U/min)
	Medizinische Schneidklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC	Schneiden von medizinischer Gaze und Kathetern (Abweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Knochenreparaturformplatte	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Lebensdauer: >10^6 mal ±10^5 mal	WC10Co, TiN	Knochenreparaturplattenformung (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm)
Automobilindustrie	Stanzklinge	Klinge	Härte: HV 1600 - 2200±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,06 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 /	WC10Ni, CrN , DLC	Stanzen von Türen und Hauben (Abweichung <0,1 mm±0,01 mm)

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ mal ±10 ⁵ mal		
	Schweißvorrichtung für dünne Platten	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/cm²	WC10Co, TiN	Punktschweißvorrichtungen, Laserschweißpads (Lebensdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
	Motorverschleißblöcke	Stück	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Ventilsitz, Kurbelwellenlaufbuchse (Lebensdauer > 10 ⁶ km ± 10 ⁵ km)
	Bremsbelag-Formplatte	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC10Co, TiC	Einpressen von Bremsbelägen und Kupplungsbelägen (Genauigkeit <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Reifenformklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC8Co, CrN	Reifenprofilgravur (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Architektur	Schneidklingen	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC6Co, TiN , CrN	Schneiden von Beton, Stein (Tiefe > 50 mm ± 5 mm)
	Verschleißfestes Futter	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Schlagfestigkeit: >100 J	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Mischerauskleidung, Planierraupenschaufel (Betriebsdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Stützpolster	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC12Co, TiC	Brückenlager, Turmdrehkranauflagen (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)
	Fundamentbohrklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m	WC10Co, TiB_2	Rotorblätter für Drehbohrmaschinen, Bohrkronen für Pfahlgründungen (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h)
	Tunnelbohrschaufeln	Klinge	Härte: HV 200 - 03000±50, Schlagfestigkeit: >200 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m	WC12Co, TiC	Schildmaschinenschaufeln, Untertagebau (Lebensdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
Allgemeine Maschinen	Schermesser	Klinge	Härte: HV 20003 - 000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Genauigkeit: <0,01 mm	WC10Co, DLC, TiN	Scherstahlplatte, Kunststofffolie (Ra<0,05 μm±0,01 μm)
	Verschleißfeste	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Reibungskoeffizient:	WC10Ni, CrN ,	Förderbandführungen,

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
	Führungsplatte		<0,2±0,01, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden±10 ³ Stunden	WC/C	Führungsschienen von Verpackungsmaschinen (Widerstand <10 N ± 1 N)
	Mechanischer Basisblock	Stück	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >2000 MPa±50 MPa, Dauerfestigkeit: >10 ⁶ mal	WC12Co, TiB_2	Werkzeugmaschinensockel, hydraulisches Presspolster (Schwingungsamplitude <0,1 mm ± 0,01 mm)
	Kompressorpad	Platte	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC10Co, CrN	Luftkompressorpolster, Pumpenkörperauskleidungen (Betriebsdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
	Verpackungsmaschinenklinge	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC	Verpackungsfolienschneide- und Siegelmesser (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Eisenbahn und Schienenverkehr	Schienenschleifscheiben	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC10Co, AlTiN	Schleifen von Hochgeschwindigkeitsschienen (Ebenheit <0,01 mm ± 0,001 mm)
	Radbearbeitungsblätter	Klinge	Härte: HV 2000 – 3000±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Temperaturbeständigkeit: >800°C±10°C	WC8Co, TiN	Drehen von Eisenbahnrädern (Rundheitsabweichung <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Verschleißfestes Futter	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Schlagfestigkeit: >100 J	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Drehgestellverkleidung, Gleisplatten (Betriebsdauer > 5 Jahre ± 0,5 Jahre)
	Bremsbeläge	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckbeständigkeit: >100 MPa±10 MPa, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C	WC12Co, TiC	Bremssockel für Hochgeschwindigkeitszüge, Pufferblock (Reibungskoeffizient <0,3±0,05)
	Weichen-Abrichtklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Genauigkeit: <0,01 mm	WC10Co, CrN	Reparatur von Eisenbahnweichen (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Schiffbau	Bearbeitung von Propellerblättern	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1	WC10Co, AlTiN , CrN	Fräsen eines Propellers aus Kupferlegierung (Genauigkeit <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Korrosionsbeständige Auskleidung	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Lebensdauer: >5 Jahre	WC10TiC10Ni, DLC	Kabinenpumpenauskleidung, Seewasserventildichtung (Betrieb > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			±0,5 Jahre		Stunden)
	Deckverschleißblöcke	Stück	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Deckskranbasis, Ankerkettenpolster (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h)
	Rumpfreparaturklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1	WC10Co, CrN	Schleifen von Rumpfstahlplatten (Genauigkeit <0,05 mm±0,01 mm)
Landmaschinen	Bodenbearbeitungsklingen	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m	WC10Co, TiC , CrN	Kreiseleggenklinge, Harvesterklinge (Bearbeitungstiefe > 30 cm ± 5 cm)
	Verschleißfestes Futter	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >2 Jahre±0,2 Jahre	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Sämaschinenleitblech, Getreidemühlenauskleidung (Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden)
	Getriebepad	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Dauerfestigkeit: >10^6 mal±10^5 mal	WC12Co, TiB_2	Traktorgetriebeauflagen, Harvesterbasen (Schwingungsamplitude <0,1 mm ± 0,01 mm)
	Dreschklinge	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC10Co, CrN	Mais-Dreschmesser, Reiserntemesser (Effizienz > 95 % ± 2 %)
Lebensmittelverarbeitung	Klingen zum Schneiden von Lebensmitteln	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Kompatibilität: >95%±2%	WC6Co, DLC	Fleischerbeil, Gemüseschneider (Ra<0,05 µm±0,01 µm)
	Verschleißfeste Führungsplatte	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC10Co, CrN	Förderbandführungen, Auskleidungen von Konservenmaschinen (Wartung > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Rührpad	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC12 Co , Al_2O_3	Standfuß, Mahlwerk (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h)
	Verpackungssiegelklinge	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm	WC6Co, DLC	Siegelung von Lebensmittelverpackungen (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Textil und Druck	Schneidklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient:	WC6Co, DLC,	Schneiden von Stoff und Papier

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			<0,15±0,01, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm	TiN	(Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Druckformblatt	Blatt	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10^6 mal	WC10Co, CrN	Tiefdruckformen, Etikettenstanzplatten (Genauigkeit <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Garnführungsblock	Stück	Härte: HV 1500 - 2000±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Lebensdauer: >10^4 Stunden±10^3 Stunden	WC10Ni, WC/C	Garnführungsblock für Spinnmaschinen, Webstuhlunterlage (Widerstand <5 N ± 1 N)
	Stanzklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^6 mal±10^5 mal	WC8Co, DLC	Etikettenstanzen, Verpackungspapierstanzen (Abweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
Energieausrüstung	Rotorblätter von Windkraftanlagen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1	WC10Co, AlTiN , CrN	Schneiden von Windturbinenblättern (Genauigkeit <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Verschleißplatte für Kernkraftwerke	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Lebensdauer: >10 Jahre ±1 Jahr	WC10TiC10 Ni, Al_2O_3	Auskleidungen von Kernreaktorpumpen, Kühlrohrpolster (Betriebsdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden)
	Turbinenstützblock	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Dauerfestigkeit: >10^6 mal±10^5 mal	WC12Co, TiC	Windturbinenbasis, Kernkraftventildichtung (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)
	Solar-Waferklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^6 mal±10^5 mal	WC6Co, DLC	Schneiden von Silizium-Wafern (Abweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
Geologische Erkundung	Bohrklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m	WC10Co, TiB_2 , TiC	Ölbohrkronen, geologische Bohrwerkzeuge (Bohrgeschwindigkeit >1 m/h±0,1 m/h)
	Verschleißfestes Futter	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Führungsplatte für Bohrinseln, Auskleidung für Schlammpumpen

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
					(Betriebsdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Probenentnahmepad	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC10Co, CrN	Geologischer Probennehmersockel, Kernhalter (Massenverlust <0,1 g/h±0,01 g/h)
	Erdbebenerkennungspad	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden±10 ³ Stunden	WC10Co, TiC	Seismograph-Sensorsubstrat (Schwingungsamplitude <0,01 mm ± 0,001 mm)
Sport und Unterhaltung	Snowboardklingen	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm²	WC6Co, DLC	Snowboardkanten, Schlittschuhe (Widerstand <10 N ± 1 N)
	Verschleißfestes Blech	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >2 Jahre±0,2 Jahre	WC10Co, CrN	Fahrradkettenführungen, Fitnessgeräte-Pads (Lebensdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
	Stützpolster	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Dauerfestigkeit: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC12Co, TiC	Racing-Chassis-Pads, Basis für Yachtzubehör (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)
	Verschleißfeste Klinge für Angelgeräte	Klinge	Härte: HV 1800 - 2500±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Lebensdauer: >2 Jahre ±0,2 Jahre	WC6Co, CrN	Angelschnur-Schneidemesser, Angelhaken-Schärfmesser (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm)
Kunst und Dekoration	Gravierklinge	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01	WC6Co, DLC, TiN	Schnitzen von Jade- und Metallornamenten (Genauigkeit <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Dekorfolie	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm² , Oberfläche: Ra<0,05 µm	WC10Ni, CrN	Baudekorationsplatten, Skulpturensubstrate (Lebensdauer > 10 Jahre ± 1 Jahr)
	Formabstandshalter	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC10Co, TiC	Keramik-Bastelformen, Glasgravursockel (Genauigkeit <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Schmuck-Schneideklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01	WC6Co, DLC	Schleifen von Diamanten, Goldschmuck (Abweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
Militär	Klingen zur	Klinge	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit:	WC8Co, AlTiN ,	Fräsen von Panzerplatten,

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
	Rüstungsbearbeitung		Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C	TiB_2	Panzerfahrzeugstahlplatten (Genauigkeit <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Formplatte zur Kugelformung	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10^6 mal±10^5 mal	WC10Co, TiC , CrN	Unterdrückte Artilleriegeschosse, Raketensprengköpfe (Abweichung <0,01 mm ± 0,001 mm)
	Laufverschleißauskleidung	Platte	Härte: HV 1500 - 2000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >800°C±10°C	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Gewehr- und Maschinengewehr-Auskleidungen (Lebensdauer > 10^4 Schuss ± 10^3 Schuss)
	Munitionsschneidklingen	Klinge	Härte: HV 2000 – 3000±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC10Co, CrN , DLC	Schneiden von Munitionshülsen und Zündern (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Raketenverschleißplatten	Stück	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >200 MPa±10 MPa, Dauerfestigkeit: >10^6 mal±10^5 mal	WC12Co, TiC	Raketenabschussrampen, Triebwerksbasen (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)
	Kugelsichere Plattenauskleidung	Platte	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schlagfestigkeit: >200 J±10 J, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC10 Co , Al_2O_3	Innenfutter für kugelsichere Westen, Schutzplatte für gepanzerte Fahrzeuge (im Einsatz > 10 Jahre ± 1 Jahr)
	Militärische Bohrklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m	WC10Co, TiB_2	Bohren von Panzerstahl und Verbundwerkstoffen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Korrosionsbeständiges Blech für Kriegsschiffe	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Lebensdauer: >5 Jahre ±0,5 Jahre	WC10TiC10Ni, CrN , DLC	Auskleidung von Pumpenventilen für Kriegsschiffe, Dichtung für Seewasserleitungen (Betriebsdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden)
	Artillerie-Reparaturklingen	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >800°C±10°C	WC10Co, AlTiN	Schleifen der Innenbohrung von Waffen (Genauigkeit <0,05 mm±0,01 mm)
	Hartmetallsäbel	Klinge	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Schärfe: <0,01	WC8Co, DLC, TiN	Feldmesser, Spezialeinsatzdolch (Schneidkraft <20 N ± 2 N, Lebensdauer >10^4-fach ± 10^3-

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			mm±0,001 mm		fach)
	Kugelsicherer Westeneinsatz mit geringer Dichte	Blatt	Härte: HV 1500 - 2000±50, Dichte: <8 g/cm³ ± 0,1 g/ cm³ , Schlagzähigkeit : >300 J±20 J, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/ cm²	Gradient WCCoTi , Al_2O_3 , CrN	Einlagen für schusssichere Westen, leichte Panzerung (Schutzstufe NIJ IV, Einsatzdauer > 10 Jahre ± 1 Jahr)

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

CTIA GROUP LTD Hartmetallplatte

Die CTIA GROUP LTD verfügt über 30 Jahre Erfahrung in der Hartmetallherstellung und bietet Ihnen leistungsstarke Hartmetallplatten für die vielfältigen Anforderungen des Maschinenbaus, der Luft- und Raumfahrt, der Energie- und Bergbauindustrie, der Elektronik-, Automobil-, Chemie- und anderer Branchen. Unsere Platten zeichnen sich durch hohe Härte (HV 1600–2100 ± 50), extreme Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,030,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$) und hohe Festigkeit (> 4000 MPa ± 50) aus. Mit fortschrittlicher Technologie und maßgeschneiderten Dienstleistungen eröffnen wir Ihnen ein neues Kapitel in der intelligenten Fertigung!

Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696
E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com
Öffentliches WeChat-Konto: „ **China Tungsten Online** “

Die Form von Chinawolframkarbidplatten

Formtyp	Beschreibung der geometrischen Merkmale (mm)	Typische Abmessungen (mm)
Rechteckige Platte	Rechteckige Ebene, vier rechte Winkel, flache Oberfläche (Ra <0,2 µm ± 0,01 µm), Kantenfase (R 0,20,5 ± 0,05). Silbergraues Aussehen, glatte Kanten, leicht zu schneiden.	Länge: 50 - 400 ± 0,1 Breite: 20 - 200 ± 0,1 Dicke: 1 - 30 ± 0,05
Quadratische Platte	Quadratische Ebene, gleichseitige, spiegelpolierte Oberfläche (Ra < 0,10,2 µm ± 0,01 µm), vier Ecken leicht abgerundet (R 0,10,3 ± 0,05). Silbernes Aussehen, einheitliche Größe.	Seitenlänge: 10 - 150 ±0,1 Dicke: 1 - 15 ±0,05
Runde Platte	Runde, flache Oberfläche, optionales zentrales Positionierungsloch (Durchmesser 0,510 ± 0,01), Kantenfase (45° ± 1°, Breite 0,20,5 ± 0,05). Silbergraue Scheibe, geeignet für rotierende Werkzeuge.	Durchmesser: 10 - 300 ± 0,1 Dicke: 1 - 20 ± 0,05
Trapezblech	Trapezförmiger Querschnitt, kurze obere Basis, lange untere Basis, geneigte Seite (Winkel 5°30°±1°), glatte Oberfläche. Silbernes Trapezblech, klare Fase, geeignet für individuelle Formen.	Obere Basis: 10 - 60 ± 0,1 Untere Basis: 20 - 100 ± 0,1 Höhe: 10 - 60 ± 0,1 Dicke: 2 - 15 ± 0,05
Speziell geformte Platte	Unregelmäßige Formen wie Polygone (Fünfecke, Sechsecke), Kerben (R15 ± 0,1), Bogenkanten (R520 ± 0,1). Silberne unregelmäßige Platten für besondere Anforderungen.	Maximale Größe: 10 - 300 ±0,1 Dicke: 1 - 30 ±0,05

Vorteile der Hartmetallplatten der CTIA GROUP LTD

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

Rechteckige/quadratische Platten : vielseitig einsetzbar, leicht zu Werkzeugrohlingen und Formteilen zu verarbeiten, mit einer Toleranz von ±0,1 mm.

Runde Platte : Geeignet für rotierende Werkzeuge (wie Fräser, Bohrer), das Mittelloch ist praktisch zum Festklemmen.

Trapezförmige/speziell geformte Platten : unterstützen komplexe Anpassungen und hohe Präzision (Abweichung <0,01 mm).

Aussehen : Silbergrau, hochglanzpoliert (Ra < 0,10,2 μm ± 0,01 μm), optionale DLC-, TiN- , AlTiN- Beschichtung (schwarz, gold, dunkelgrau).

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

Einführung in die Hartmetallstäbe der CTIA GROUP LTD

Die CTIA GROUP LTD verfügt über 30 Jahre Erfahrung in der Hartmetallherstellung und bietet Ihnen leistungsstarke Hartmetallstäbe, die den hohen Anforderungen des Maschinenbaus, der Luft- und Raumfahrt, der Energie- und Bergbauindustrie, der Elektronik-, Automobil- und Chemieindustrie sowie weiterer Branchen gerecht werden. Unsere Stäbe zeichnen sich durch hohe Härte, extreme Verschleißfestigkeit und hohe Festigkeit aus. Mit fortschrittlicher Technologie und präzisen Anpassungsservices eröffnen wir Ihnen ein neues Kapitel in der intelligenten Fertigung! Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

Geometrische Merkmale und typische Abmessungen gängiger Formen von Hartmetallstäben

Formtyp	Beschreibung der geometrischen Merkmale (mm)	Typische Abmessungen (mm)
Rundstab Massiver Rundstab	Vollzylindrisch, Oberfläche poliert (Ra <0,2 μm ± 0,01 μm), Endfläche flach oder abgeschrägt (R0,20,5 ± 0,05). Silbergraues Aussehen, Geradheit <0,05/± 0,01, geeignet für hochpräzise Verarbeitung.	Durchmesser: 0,150 ± 0,01 Länge: 5 - 500 ± 0,5
Stange mit Löchern Kühlmittellochstange	Zylindrisch, mit Einzel- oder Doppelbohrungen (Öffnung 0,35±0,01, Spiralwinkel 0° oder 30°±1°), glatte Oberfläche (Ra<0,2 μm±0,01 μm). Silberstab, gleichmäßige Poren, optimierter Kühlmittelfluss.	Durchmesser: 340±0,01 Länge: 50400±0,5 Öffnung: 0,35±0,01
Schlanke Stange Mikrostab	Ultradünne zylindrische Form, spiegelpolierte Oberfläche (Ra <0,1 μm ± 0,01 μm), gleichmäßiger Durchmesser (Toleranz h5/h6). Silbergrauer dünner Stab, Schlankheitsverhältnis bis zu 100:1, geeignet für Mikrowerkzeuge.	Durchmesser: 0,13±0,005 Länge: 5 - 150±0,3
Leiterstange Stufenstange	Zylindrisch, mit mehreren Durchmesseränderungen (Übergangsbereich R0,52±0,1), glatte Oberfläche. Silberner Stufenstabkörper, um den Anforderungen komplexer Werkzeugrohlinge gerecht zu werden.	Durchmesser: 2 - 40 ±0,01 (pro Segment) Länge: 20 - 300 ±0,5
Speziell geformte Stäbe Stange mit individueller Form	Nicht kreisförmiger Querschnitt (z. B. quadratisch, sechseckig) oder mit Schlitz (Schlitzbreite 0,55 ± 0,1), Keilnut (R13 ± 0,1). Silberne Sonderstäbe, starke Anpassung, um spezielle Anforderungen zu erfüllen.	Maximaler Querschnitt: 250±0,1 Länge: 10 - 400±0,5

Liste der Verwendungsmöglichkeiten von Hartmetallstäben

verwenden	Anwendbare Form	Marke	Spezifische Anwendungen	Leistungsanforderungen
Schneiden Werkzeug	Rundstab Stange mit Löchern	YL10.2, K10, K05	Bohrer, Fräser, Reibahlen, Drehwerkzeuge zum Schneiden von Stahl, Aluminiumlegierungen, Titanlegierungen, PCB-Substraten und	Härte: HV 16002100±50 Kantengenauigkeit: <0,002 mm±0,0005 mm Verschleißrate: <0,03 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m

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

			Verbundwerkstoffen.	
Präzisionsform Werkzeugrohling	Rundstäbe, Stufenstäbe, Formstäbe	YU12, K05, YL10.2	Stellen Sie Stempel, Ziehwerkzeuge und Kaltfließpress-Rohlinge her und produzieren Sie Schrauben für die Automobilindustrie, elektronische Steckverbinder und Befestigungselemente für die Luftfahrt.	Biegefestigkeit: >4200 MPa±50 Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C Maßabweichung: <0,01 mm
Verschleißfest Komponente	Rundstab, Stange mit Löchern	K05, K10, K20	Wird zu Hülsen, Dichtringen und Düsen verarbeitet und in Spritzgussmaschinen, Pumpen und Ventilen sowie Bergbaugeräten verwendet. Beispiel: Bohrdüsen für den Bergbau (> 500 Stunden ± 50 Stunden).	Verschleißrate: <0,03 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 /N · mDruckfestigkeit : >6000±100 MPa Oberflächenrauheit: Ra<0,1 ±0,01 µm
Elektronisches Mikro Typ Werkzeug	Schlanke Stange	K05, K10	PCB-Mikrobohrer (0,051,0 ± 0,005 mm), Graviermesser, Verarbeitung von HDI-Substraten, Keramik, Saphir. (Lebensdauer > 10^5 Löcher ± 10^4 Löcher).	Härte: HV 18002100±50Durchmessergenauigkeit: <0,005 mm±0,001 mmSchneiden Kantenrundheit: <0,001 mm±0,0002 mm
Energie Bohren	Rundstäbe, Stäbe mit Löchern	K20, WCNi	Bohrmeißel und Düsen für Ölbohrungen sind hohem Druck und hohen Temperaturen (>100 MPa±5 MPa, >1000°C±10°C) ausgesetzt.	Temperaturbeständigkeit: >1000°C±10°C Schlagfestigkeit: >200 J±10 J Korrosionsrate: <0,02 mm/Jahr±0,005 mm/Jahr
Luftfahrt Luft- und Raumfahrt	Leiterstange Speziell geformte Stäbe	YU12, K05	Verarbeitet zu verschleißfesten Wellen, Werkzeugrohlingen, Schneidkohlefaser, Titanlegierung. Beispiel: Bohren einer Kohlefaserplatte (Rauhigkeit Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm).	Zähigkeit: K_{Ic} 1012 $MPa \cdot m^{1/2}$ ± 0,5 Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C
Bergbau Werkzeug	Rundstab Speziell geformte Stäbe	K20, K30	Herstellung von Tunnelvortriebsköpfen und Gesteinsbohrwerkzeugen zum Brechen von hartem Gestein, wie z. B. Bohrköpfe für Tunnelvortriebsmaschinen (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h).	Schlagfestigkeit: >200 J±10 J Härte: HV 1400 - 1800±50

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.2.2 Hartmetallstäbe/Zylinderhartmetall (Bohrer, Fräser)

10.6.2.2.1 Eigenschaften von Hartmetallstäben/zylindrischen Hartmetall

Gemeinsame Spezifikationen: Durchmesser 250 mm, Länge 330 mm

Hartmetallstab/-zylinder Grundprinzip von Hartmetall:
Hartmetallstäbe/-zylinder (Durchmesser 250 mm ± 0,01 mm, Länge 50 – 330 mm ± 0,1 mm) werden durch Extrusion (Druck 50 – 100 MPa ± 1 MPa) und Sintern (1450 °C ± 10 °C) mit einer Oberflächenrauheit von Ra < 0,5 μm ± 0,01 μm hergestellt . Sie sind für Tieflochbohren (Tiefe > 100 mm ± 1 mm) und Hochgeschwindigkeitsfräsen (> 1500 m/min ± 10 m/min) geeignet.

Zur Ausstattung gehören Extruder (Genauigkeit ±0,01 mm) und CNC-Schleifmaschinen (Auflösung <1 μm ±0,1 μm). Geprüft werden die geometrische Genauigkeit (ISO 1832, Genauigkeit ±0,01 mm) und die Oberflächengüte (ISO 4287, Genauigkeit ±0,001 μm). Ein YG6-Bohrer hat beispielsweise einen Durchmesser von 10 mm ±0,01 mm und eine Länge von 150 mm ±0,1 mm.

Mechanismusanalyse von Hartmetallstäben/zylindrischen Hartmetallen
Die zylindrische Form (Durchmesser 250 mm ± 0,01 mm) gewährleistet Steifigkeit (Elastizitätsmodul > 500 GPa ± 10 GPa), und das Längenverhältnis (< 150:1 ± 5:1) reduziert Vibrationen (Amplitude < 0,01 mm ± 0,001 mm). Nach dem Sintern beträgt die Korngröße 0,52 μm ± 0,01 μm , und die Härte beträgt HV 1800 ± 30. Die REM-Aufnahme zeigt, dass die Oberfläche keine Risse aufweist (< 1 μm ± 0,1 μm), und die Körner sind gleichmäßig (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %). Geometrische Tests zeigen, dass die Genauigkeit < 0,01 mm ± 0,001 mm besser ist als bei komplexer Geometrie (< 0,1 mm ± 0,01 mm).

Hartmetallstab/Zylinderhartmetall
Durchmesser: 1020 mm ± 0,01 mm, gute Steifigkeit; <2 mm ± 0,01 mm, Bruchrate erhöht sich um 10 % ± 2 %.
Länge: <200 mm±0,1 mm, hohe Stabilität; >300 mm±0,1 mm, Vibration um 15 %±3 % erhöht.
Korngröße: 0,52 μm ± 0,01 μm , hohe Festigkeit; > 5 μm ± 0,01 μm , Festigkeitsabfall um 10 % ± 2 %.
Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C, gleichmäßige Struktur; > 1500 °C ± 10 °C, Kornwachstum 10 % ± 2 %.
Schleifgenauigkeit: <1 μm±0,1 μm , gute Oberflächenqualität; >5 μm±0,1 μm , Verschleißrate steigt um 10 %±2 %.
Beispielsweise erhöhte sich die Vibration des YG6-Bohrers (Länge 350 mm ± 0,1 mm) auf 0,02 mm ± 0,001 mm.

Hartmetallstäbe/zylindrische Hartmetallstäbe
sollen einen Durchmesser von 250 mm ± 0,01 mm und eine Länge von < 300 mm ± 0,1 mm erreichen. Es wird empfohlen:

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

Extrusionsoptimierung: Druck 50100 MPa±1 MPa, gleichmäßiger Durchmesser.
Sinteroptimierung: 1450°C±10°C, Korngröße 0,52 μm±0,01 μm .
Schleifoptimierung: Genauigkeit <1 μm±0,1 μm , Ra <0,5 μm±0,01 μm .
Co-Optimierung: 6 % 10 % ± 1 %, verbessert die Zähigkeit.
Prüfvorschriften: ISO 1832 (Geometrie), ISO 4287 (Oberfläche).
Beispielsweise beträgt die Genauigkeit eines YG6-Bohrers (Durchmesser 10 mm ± 0,01 mm) < 0,01 mm ± 0,001 mm.

10.6.2.2.2 Leistungsanforderungen für Hartmetallstäbe/zylindrische Hartmetallstäbe Biegefestigkeit >4000 MPa, Zähigkeit $K_{1}c$ > 15 MPa·m$^{1/2}$

Grundprinzipien und technische Analyse von Hartmetallstäben/zylindrischen Hartmetallstäben /zylindrischen Hartmetallstäben erfordern eine Biegefestigkeit >4000 MPa±50 MPa, Zähigkeit K_{1} c >15 MPa·m$^{1/2}$±0,5, Härte HV 16002000±30, geeignet für Tieflochbohren und Hochgeschwindigkeitsfräsen. Körnung 12 μm±0,01 μm , Co-Gehalt 8 %12 %±1 %, ergänzt durch HIP (1400 °C±10 °C, 150 MPa±1 MPa) zur Leistungsverbesserung.

Zu den Tests gehören Biegefestigkeit (ISO 3327, Genauigkeit ±10 MPa), Zähigkeit (ISO 28079, Genauigkeit ±0,5 MPa·m$^{1/2}$) und Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm^{3}/ N·m). Beispielsweise beträgt die Biegefestigkeit des YG8-Bohrers 4200 MPa±50 MPa und der $K_{1}c$-Wert 16 MPa·m$^{1/2}$±0,5.

Analyse von Hartmetallstäben/zylindrischem Hartmetall. Hoher Co-Gehalt (10 % ± 1 %) bildet ein zähes Netzwerk (Volumenanteil > 10 % ± 1 %) mit einer Biegefestigkeit von 4200 MPa ± 50 MPa. Feine Körner (12 μm ± 0,01 μm) erhöhen die Härte auf HV 1800 ± 30, und HIP reduziert die Porosität (< 0,1 % ± 0,01 %). SEM zeigt deutliche Bruchzähigkeitseigenschaften (Grübchen < 1 μm ± 0,1 μm). EDS bestätigt die Co-Verteilung (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %). Festigkeitsprüfungen zeigen, dass YG8 besser ist als YG6 (Biegefestigkeit 3800 MPa ± 50 MPa).

Hartmetallstab /Zylinderhartmetall

Co-Gehalt: 10 % ± 1 %, ausgezeichnete Zähigkeit; < 6 % ± 1 %, K_{1} c nimmt um 20 % ± 3 % ab.
Korngröße: 12 μm ± 0,01 μm , hohe Festigkeit; > 5 μm ± 0,01 μm , Festigkeitsabfall um 15 % ± 3 %.
Porosität: <0,1 % ± 0,01 %, hervorragende Leistung; >0,5 % ± 0,01 %, Festigkeitsreduzierung um 10 % ± 2 %.
HIP-Druck: 150 MPa ± 1 MPa, geringe Porosität; <100 MPa ± 1 MPa, Porosität nimmt um 10 % ± 2 % zu.
Verarbeitungsgenauigkeit: <0,01 mm ± 0,001 mm, weniger Vibration; >0,1 mm ± 0,01 mm, die Bruchrate erhöht sich um 10 % ± 2 %.

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

K_1 c des YG6-Bohrers (Co 6 % ± 1 %) sinkt auf 12 MPa·$m^{1/2}$±0,5.

Hartmetallstäbe/zylindrische Hartmetallstäbe

sollen eine Biegefestigkeit von >4000 MPa±50 MPa und K_{1c} von >15 MPa·$m^{1/2}$±0,5 erreichen. Es wird empfohlen:

Co-Optimierung: 8 % 12 % ± 1 %, verbesserte Zähigkeit.

Kornkontrolle: 12 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).

HIP-Optimierung: 1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa.

Schleifoptimierung: Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm, Spannungsreduzierung.

Prüfvorschriften: ISO 3327 (Festigkeit), ISO 28079 (Zähigkeit).

Beispielsweise beträgt die Biegefestigkeit eines YG8-Bohrers (HIP, Co 10 % ± 1 %) 4200 MPa ± 50 MPa.

10.6.2.2.3 Hartmetall-Stangen/Zylinder -Anwendungen: Tieflochbohren und Hochgeschwindigkeitsfräsen

Hartmetallstäbe/-zylinder – Grundprinzipien und Technologieübersicht zu Hartmetallstäben /-zylindern. Hartmetallstäbe/-zylinder eignen sich aufgrund ihrer Biegefestigkeit von >4000 MPa±50 MPa und K_1 c >15 MPa·$m^{1/2}$±0,5 zum Tiefbohren (Tiefe > 100 mm ± 1 mm) und Hochgeschwindigkeitsfräsen (Geschwindigkeit > 1500 m/min ± 10 m/min). YG8 und YG10 werden in der Luftfahrt und Automobilverarbeitung verwendet (Genauigkeit <0,1 mm ± 0,01 mm).

Die Tests umfassen Bohrleistung (ISO 1832, Genauigkeit ±0,01 mm), Fräslebensdauer (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm) und Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ N·m). Beispielsweise beträgt die Lebensdauer eines YG8-Bohrers beim Tiefbohren 10 Stunden ±1 Stunde und die eines YG10-Fräsers 12 Stunden ±1 Stunde.

Hartmetallstab/zylindrisch Hartmetallmechanismusanalyse

Hohe Festigkeit (4200 MPa±50 MPa) und Zähigkeit (K_1 c 16 MPa·$m^{1/2}$±0,5) widerstehen Bohrdrehmoment (>50 Nm±5 Nm) und Fräsvibrationen (Amplitude <0,01 mm±0,001 mm). Körnung 12 μm±0,01 μm gewährleistet Härte HV 1800±30. SEM zeigt, dass der YG8-Bohrer gleichmäßig verschleißt (Tiefe <0,01 mm±0,001 mm). Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von YG8 0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m beträgt , was besser ist als bei YG6 (0,06 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m).

Hartmetallstab/zylindrisches Hartmetall

Co-Gehalt: 10 % ± 1 %, lange Lebensdauer; <6 % ± 1 %, Bruchrate steigt um 10 % ± 2 %.

Korngröße: 12 μm ± 0,01 μm , ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 5 μm ± 0,01 μm , Lebensdauer um 10 % ± 2 % reduziert.

Verarbeitungsgeschwindigkeit: >1500 m/min±10 m/min, Beschichtung erforderlich; <800 m/min±10 m/min, Substrat anwendbar.

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

Lochtiefe: >100 mm±1 mm, hohe Zähigkeit erforderlich; <50 mm±1 mm, Härte bevorzugt.
Kühlmittel: Auf Ölbasis, Verschleißrate um 10 %±2 % reduziert; auf Wasserbasis, Verschleißrate um 10 %±2 % erhöht.
Beispielsweise reduziert sich die Lebensdauer eines YG6-Bohrers (unbeschichtet) auf 8 Stunden ± 1 Stunde .

Hartmetallstäbe/zylindrische Hartmetallstäbe
sollen eine Lebensdauer von >10 Stunden ±1 Stunde und eine Genauigkeit von <0,1 mm ±0,01 mm erreichen. Es wird empfohlen:
Co-Optimierung: 8 % 12 % ± 1 %, verbesserte Zähigkeit.
Kornoptimierung: 12 μm±0,01 μm , VC hinzugefügt (0,2 %±0,01 %).
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Lebensdauer um 20 %±3 % erhöht.
Bearbeitungsoptimierung: Kühlmittel auf Ölbasis, Geschwindigkeit >1500 m/min±10 m/min.
Prüfvorschriften: ISO 1832 (Bohren), ISO 3685 (Fräsen).

Hartmetallstab/zylindrische Hartmetall-Anwendungspraxis

Hartmetall-Tieflochbohrer
Die Lebensdauer des YG8-Bohrers (Biegefestigkeit 4200 MPa ± 50 MPa) beträgt 10 Stunden ± 1 Stunde.

Hartmetall-Hochgeschwindigkeitsfräser
YG10-Fräser (K_1 c 16 MPa·$m^{1/2}$±0,5) Lebensdauer 12 Stunden±1 Stunde.

Hartmetallbohrer für die Luftfahrtbearbeitung
YG8-Bohrer (Genauigkeit <0,1 mm ± 0,01 mm) Lebensdauer: 10 Stunden ± 1 Stunde.
Diese Anwendungen zeigen, dass Stablegierungen die Anforderungen an die Verarbeitung hoher Festigkeit erfüllen.

10.6.2.2.4 Anwendung von Hartmetallstäben/zylindrischen Produkten beim Mikrobohren von Leiterplatten (Computersubstraten)

Hartmetallstäbe/-zylinderförmige Produkte werden aufgrund ihrer hohen Härte (HV 16002100±50), hohen Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,030,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/N·m) und hohen Präzision (Blendenabweichung <0,002 mm±0,0005 mm) häufig beim Mikrobohren von Leiterplatten verwendet. Sie werden zum Bohren von Leiterplatten (PCBs) verwendet, insbesondere von Computersubstraten (wie PC-Motherboards, Server-Motherboards, GPU-Modulen, 5G-Hochfrequenzplatinen usw.). Das Mikrobohren von Leiterplatten unterstützt die Verarbeitung von Durchgangslöchern (PTH), Blind Vias (Blind Via), Buried Vias (Buried Via) und Mikro-Vias (Micro Via) und erfüllt die Anforderungen an hochdichte Verbindungen (HDI), Mehrschichtaufbau (624 Schichten) und hohe Zuverlässigkeit. Es wird in Smartphones, Servern, der Automobilelektronik, der Luft- und Raumfahrt sowie in medizinischen Geräten verwendet. In diesem Artikel werden

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

Marke, Größe, Leistung und Herstellungsprozess von Hartmetall-Mikrobohrern sowie die Bohrparameter, Lochanzahl und Lebensdauer von Mikrobohrern für Computersubstrate erläutert und ihre Anwendung in Kombination mit typischen Fällen analysiert.

Hartmetall-PCB-Mikrobohrer (Computersubstrat) – Sorten und Inhaltsstoffe

Beim Mikrobohren von Leiterplatten wird hauptsächlich feinkörniges Hartmetall (Korngröße 0,10,8 μm ± 0,1 μm) verwendet, um hohe Härte und Zähigkeit zu vereinen. Gängige Güten und Zusammensetzungen sind wie folgt (siehe ISO 513, GB/T 18376, Literatur usw.):

Marke	Hauptzutaten	Korngröße (μm)	Leistungsmerkmale	Typische Anwendungen
YL10.2	WC10Co	0,40,8 ±0,1	Härte: HV 1600 - 1900±50, Zähigkeit: K_{Ic} 911 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, Biegefestigkeit: >4000 MPa±50	Hochpräzises PCB-Mikrobohren (Blende 0,11 mm ± 0,005 mm), Bohren von HDI-Substraten, Server-Motherboards
K10	WC6	0,20,6 ±0,1	Härte: HV 1700 - 2000±50, Zähigkeit: K_{Ic} 810 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, Verschleißrate: <0,03 mm³ /N·m ± 0,01 mm³ /N·m	Standard-Mikrobohrer für Leiterplatten (Öffnung 0,10,8 mm ± 0,005 mm), Bohren von FR4-Motherboards
K05	WC4Co	0,10,5 ±0,1	Härte: HV 1800 – 2100 ± 50, Zähigkeit: K_{Ic} 79 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, Genauigkeit: <0,001 mm ± 0,0002 mm	Ultrafeines PCB-Mikrobohren (Öffnung 0,050,2 mm ± 0,005 mm), Bohren von 5G-Hochfrequenzplatinen, Keramiksubstraten
YU12	WC12Co	0,30,7 ±0,1	Härte: HV 1600 - 1800±50, Zähigkeit: K_{Ic} 1012 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, Biegefestigkeit: >4200 MPa±50	Hochgeschwindigkeits-Mikrobohren von Leiterplatten (Öffnung 0,21,0 mm ± 0,005 mm), Bohren von Verbundsubstraten, PTFE-Substraten

Zutateneigenschaften:

WC (Wolframkarbid)

Bietet eine hohe Härte (Mohs 8,59 ± 0,5) und Verschleißfestigkeit, und die Korngröße <1 μm ± 0,1 μm verbessert die Festigkeit.

Co (Kobalt)

Gehalt 4 % 12 % ± 0,5 %, verbessert die Zähigkeit, verhindert Kantenrisse, geeignet für hohe Geschwindigkeiten (10^5 3,5 × 10^5 U/min ± 10^4 U/min).

Feine Körnung

Die Korngröße beträgt 0,10,8 μm±0,1 μm , Mikrorisse sind reduziert und die Lochwandrauheit Ra<0,2 μm±0,01 μm .

Auswahlgrundlage:

K05: Ultrahohe Härte, geeignet für Mikrolöcher (0,050,2 mm), wie z. B. 5G-Hochfrequenzplatinen.

YL10.2/K10: Ausgewogene Härte und Zähigkeit, geeignet für Standardlöcher (0,11,0 mm), wie z. B. FR4/HDI-Motherboards.

YU12: Hohe Zähigkeit, geeignet für komplexe Substrate (wie PTFE, Verbundwerkstoffe), reduziert Brüche.

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

3. Spezifikationen des Mikrobohrers für Hartmetall-Leiterplatten (Computersubstrat)

Bei PCB-Mikrobohrern wird hauptsächlich lochloses, stabförmiges Hartmetall (kreisförmiger Querschnitt) verwendet. Die Größenangaben lauten wie folgt (siehe Tabelle der lochlosen Stäbe im vorherigen Artikel. Die Ultramikrogröße wurde neu hinzugefügt und entspricht ISO 286):

Morphologie	Durchmesserbereich Umfang mm	Längenbereich Umfang mm	Toleranz	Oberflächenbehandlung	Bemerkung
Stabförmig Runden Abschnitt	0,050,2 ±0,005	5 - 30 ±0,3	h5	Schleifen, DLC/Diamantbeschichtung	Ultrafeines PCB-Mikrobohren, Bohren von 5G-Hochfrequenzplatinen, HDI-Mikrolöcher, Lochdurchmesserabweichung <0,001 mm±0,0002 mm
	0,210,5 ±0,005	10 - 50 ±0,5	h5, h6	Schleifen, PVDTiN /DLC-Beschichtung	Mikrobohrer für hochdichte Leiterplatten, typischer Durchmesser 0,3 mm, Bohren von Server-Motherboards, Lebensdauer >10 ^{5} Löcher ±10 ^{4} Löcher
	0,511,0 ±0,005	20 - 100 ±0,5	h6	Schleifen, AlTiN /DLC-Beschichtung	Standard-Mikrobohrer für Leiterplatten, typischer Durchmesser 0,8 mm, Bohren von FR4-Motherboards, Lochwand Ra < 0,2 µm ± 0,01 µm
	1.13.0 ±0,01	30 - 150 ±0,5	h6, h7	Schleifen, TiN -Beschichtung	Großer PCB-Mikrobohrer, typischer Durchmesser 2 mm, Bohren von Aluminiumsubstrat PTH, Lochpositionsabweichung <0,005 mm±0,001 mm

Größenmerkmale:

Durchmesser

0,053,0 mm ± 0,0050,01 mm, Ultramikrobohrer (0,050,2 mm) wird für HDI- Mikrovia verwendet , Standardbohrer (0,31,0 mm) wird für FR4/HDI verwendet, größerer Bohrer (1,13,0 mm) wird für PTH verwendet.

Länge

5150 mm±0,30,5 mm, kurze Stange (530 mm) ist für hohe Geschwindigkeiten geeignet (>2×10 ^{5} U/min±10 ^{4} U/min), lange Stange (50150 mm) wird für tiefe Löcher (>3,2 mm±0,1 mm) verwendet.

Toleranz

h5/h6 (0/0,004 mm, 0,1 mm Durchmesser; 0/0,008 mm, 1 mm Durchmesser), wodurch eine Öffnungsgenauigkeit von <0,002 mm±0,0005 mm gewährleistet wird.

Hartmetallstab mit Loch

Beim Mikrobohren von Computersubstraten werden im Allgemeinen keine Stäbe mit Löchern

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

verwendet, da der Lochdurchmesser zu klein ist (0,051,0 mm) und der Kühlkanal nicht anwendbar ist. Experimentelle Einzelhelix-Lochstäbe (Durchmesser 0,8 mm ± 0,005 mm, Lochdurchmesser 0,3 mm ± 0,01 mm, Helixwinkel 30° ± 1°) werden für Hochtemperatursubstrate (wie Keramik) verwendet.

4. Leistungsparameter für das Mikrobohren von Hartmetall-Leiterplatten (Computersubstraten)

Die Hartmetallstäbe für das Mikrobohren von Leiterplatten müssen die folgenden Leistungsanforderungen erfüllen (siehe ASTM E384, ASTM G65, Literatur usw.):

Leistung	Parameter	veranschaulichen
Härte	HV 16002100±50	Hohe Härte sorgt für Verschleißfestigkeit, K05 (HV 1800–2100±50) eignet sich für ultrafeines Bohren, YL10.2 (HV 1600–1900±50) eignet sich für Standardbohren
Zähigkeit	K_{Ic} 712 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5	Verhindert das Ausbrechen der Schneide, YU12 (K_{Ic} 1012 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) ist zum Hochgeschwindigkeitsbohren geeignet, K05 (K_{Ic} 79 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) ist für Mikrolöcher geeignet
Biegefestigkeit	>40004500 MPa±50	Stützschlankheitsverhältnis (>50:1), YL10.2 (>4000 MPa±50), YU12 (>4200 MPa±50)
Verschleißrate	<0,030,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m	Geringer Verschleiß und verlängerte Lebensdauer, K10 (<0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m, ASTM G65)
Oberflächenrauheit	Ra<0,10,2 μm ±0,01 μm	Spiegelpolieren verringert die Haftung von Kupferfolie und Harz, HDI- Mikrovias erfordern Ra <0,15 μm ± 0,01 μm
Genauigkeit	Blendenabweichung <0,002 mm ±0,0005 mm	Mikroloch (0,050,2 mm) Abweichung <0,001 mm ± 0,0002 mm, PTH (0,31,0 mm) Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm

Beschichtungsverbesserung:

DLC (diamantähnliche Beschichtung)

Der Reibungskoeffizient beträgt <0,15 ± 0,01, die Verschleißfestigkeit wird um 30 % 50 % ± 5 % erhöht, das Anhaften von Schmutz wird reduziert und es ist für Mikroporen (0,050,3 mm) geeignet.

PVDTiN

Die Härte erhöht sich um 20 % ± 5 %, ist für Standardlöcher (0,31,0 mm) geeignet und die Kosten sind niedriger.

AlTiN

Temperaturbeständigkeit > 900 °C ± 10 °C, Lebensdauer um 20 %–30 % ± 5 % erhöht, geeignet für hochtemperaturbeständige Substrate (wie Keramik).

Diamant

Härte HV 8000 – 10000±500, Lebensdauer um 50 %–70 %±10 % erhöht, geeignet für Keramiksubstrate, aber die Kosten sind hoch ().

Fehlermodus:

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

Abrasiver Verschleiß (70 % ± 5 %): Glasfaser (Mohs 4,56,5 ± 0,5) schleift WC (Mohs 8,59 ± 0,5) ab.
Haftung (20 % ± 5 %): Harz-/Kupferfolie haftet bei 120–150 °C ± 10 °C an der Schneide.
Mikroausbrüche (10 % ± 2 %): Bei hoher Mikrolochgeschwindigkeit beträgt die Schneidkantenspannung > 500 MPa ± 50 MPa.

5. Herstellungsprozess

Der Herstellungsprozess von Hartmetall-Mikrobohrern gewährleistet hohe Präzision und Langlebigkeit. Die Schritte sind wie folgt (Referenzen):

Rohstoffaufbereitung:

Ultrafeines WC-Pulver (Partikelgröße 0,10,8 μm±0,1 μm), Co-Pulver (4 %12 %±0,5 %).
Nassmahlen und -mischen, Gleichmäßigkeitsabweichung <0,5 % ± 0,1 %, um eine Co-Entmischung zu vermeiden.

Formpressen:

Isostatisches Pressen (CIP), Druck 200 – 300 MPa ± 10 MPa, Formung von Stäben mit Durchmesser 0,053,0 mm ± 0,005 mm.
Die Maßabweichung wird auf ±0,01 mm begrenzt und das Schlankheitsverhältnis beträgt >50:1.

Sintern:

Vakuumsintern oder HIP (heißisostatisches Pressen), Temperatur 1400–1500 °C ± 10 °C, Druck 56 MPa ± 0,1 MPa.
Die Sinterdichte beträgt 14.514,9 g/cm³ ± 0,1 g/cm³ (ISO 3369), die Korngröße beträgt <0,8 μm±0,1 μm und die Porosität beträgt <0,1%±0,01%.

Präzisionsbearbeitung:

Spitzenloses Schleifen: Durchmessertoleranz h5/h6, Oberflächenrauheit Ra<0,2 μm±0,01 μm .
Hochglanzpolieren: Beseitigung von Mikrorissen, Kantenrundheit <0,001 mm±0,0002 mm.
CNC-Schleifen: Formen einer Mikrobohrergeometrie, Spitzenwinkel 130°140°±2°, Spiralwinkel 30°40°±1°, Schneidkantenabweichung <0,002 mm±0,0005 mm.
Laser-Feineinstellung (optional): Schneidkantengenauigkeit <0,0005 mm ± 0,0001 mm, geeignet für ultrafeines Bohren (0,050,2 mm).

Beschichtung:

PVD/CVD-abgeschiedenes DLC, TiN , AlTiN oder Diamant mit einer Dicke von 0,53 μm ± 0,1 μm .
Haftung >50 N±5 N (ASTM C1624), DLC-Reibungskoeffizient <0,15±0,01, Diamanthärte HV 8000 - 10000±500.

Qualitätsprüfung:

Blendengenauigkeit: Lasermessung, Abweichung <0,002 mm±0,0005 mm.
Härte: Vickers-Härteprüfgerät (ASTM E384), HV 1600 – 2100 ± 50.

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

Lebensdauertest: Bohrtest, FR4 > 10^5 Löcher ± 10^4 Löcher, HDI > 6×10^4 Löcher ± 5×10^3 Löcher ().

6. Bohrparameter des Computersubstrats

Die Bohrparameter von Computersubstraten (FR4, HDI, Keramik, Aluminium, PTFE) variieren je nach Material, Lagenanzahl und Lochdurchmesser. Die folgenden CNC-mechanischen Bohrparameter (Referenz ISO 1832) sind aufgeführt:

Substrattyp	Blendenbereich (mm)	Geschwindigkeit (U/min)	Vorschubgeschwindigkeit (mm/min)	dianjiao (Ausgeben)	Spiralwinkel (Grad)	Lochtiefe (mm)	abkühlen Weg	Bemerkung
FR4 (612. Stock)	0,10,5 ±0,005	150.000 - 300.000 ±10.000	1000 - 3000 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	0,83,2 ±0,1	Druckluft/Wassernebel	PC-Motherboard, Lochwand Ra<0,2 µm±0,01 µm , Lochpositionsabweichung<0,005 mm±0,001 mm
	0,511,0 ±0,005	100.000 - 200.000 ±10.000	2000 - 4000 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	1,66,4 ±0,1	Wassernebel/Emulsion	PTH-Loch, typischer Durchmesser 0,8 mm, geringere Harzhaftung
HDI (1224. Stock)	0,050,2 ±0,005	200.000 - 350.000 ±10.000	500 - 1500 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,21,0 ±0,05	Druckluft	Server-Motherboard, Mikrolochgenauigkeit <0,001 mm±0,0002 mm
	0,210,5 ±0,005	150.000 - 250.000 ±10.000	1000 - 2000 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,52,0 ±0,05	Druckluft	Blind/Buried Via, Lochwand Ra<0,15 µm±0,01 µm
Keramik Substrat	0,10,3 ±0,005	100.000 - 200.000 ±10.000	300 - 1000 ±50	140 ±2	35 - 40 ±1	0,51,5 ±0,05	Wassernebel	Hochfrequenzmodul, Verschleißrate <0,03 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/N·m$
	0,310,8 ±0,005	80.000 - 150.000 ±10.000	500 - 1500 ±50	140 ±2	35 - 40 ±1	1,02,0 ±0,05	Emulsion	Lochwand Ra<0,1 µm±0,01 µm , antithermische Rissbildung
Aluminiumsubstrat	0,20,8 ±0,005	80.000 - 150.000 ±10.000	1000 - 2500 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	1,03,0 ±0,1	Wassernebel/Emulsion	GPU-Kühlkörper, Lochabstandsabweichung <0,003 mm ± 0,0005 mm
PTFE-Substrat	0,10,5 ±0,005	120.000 - 200.000 ±10.000	500 - 1500 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,52,0 ±0,05	Druckluft	5G-Motherboard, DLC-Beschichtung zur Verhinderung von Festkleben,

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

Substrattyp	Blendenbereich (mm)	Geschwindigkeit (U/min)	Vorschubgeschwindigkeit (mm/min)	dianjiao (Ausgeben)	Spiralwinkel (Grad)	Lochtiefe (mm)	abkühlen Weg	Bemerkung
								Reibungskoeffizient <0,15±0,01

Parameterbeschreibung:

Öffnung

0,051,0 mm ± 0,005 mm, Mikrovia (0,050,2 mm) für HDI, PTH (0,31,0 mm) für FR4/Aluminiumsubstrat.

Geschwindigkeit

10^5 3,5×10^5 U/min±10^4 U/min. HDI- Mikrovias erfordern eine hohe Geschwindigkeit (>2×10^5 U/min), um eine glatte Oberfläche zu gewährleisten. Keramiksubstrate erfordern eine niedrige Geschwindigkeit (<2×10^5 U/min), um thermische Rissbildung zu vermeiden.

Vorschubgeschwindigkeit

300 – 4000 mm/min±50 – 100 mm/min, Mikroloch-Niedrigvorschub (500 – 1500 mm/min) verbessert die Genauigkeit, PTH-Hochvorschub (2000 – 4000 mm/min) verbessert die Effizienz.

dianjiao

130° – 140° ± 2°, Keramiksubstrate verwenden einen größeren Spitzenwinkel (140°), um Kantenabsplitterungen zu reduzieren.

Spiralwinkel

30° – 40° ± 1°, hoher Spiralwinkel (38°) optimiert die Spanabfuhr und reduziert die Haftung von Harz/Kupferfolie ().

Lochtiefe

0,26,4 mm ± 0,050,1 mm, FR4-Dicke 1,63,2 mm ± 0,1 mm, HDI-Dicke 0,82,0 mm ± 0,05 mm.

Kühlmethode

Druckluft (Mikroporen, Verstopfungsschutz), Wassernebel/Emulsion (PTH, Kühlung), Emulsionsviskosität 1020 mPa·s±2 mPa·s .

7. Anzahl der Löcher in der Computer-Basisplatine

Die Anzahl der Löcher in Computersubstraten variiert je nach Komplexität und Funktionsanforderungen (Referenzen):

Substrattyp	Anwendungsszenario	Anzahl der Schichten	Lochnummernbereich	Porengrößenverteilung	Bohrungstyp	Bemerkung
FR4 (Standard)	PC-Motherboard (ATX, MicroATX	612	5.000 - 20.000 ±500	0,11,0 mm	PTH, blinde Durchkontaktierung	Typischerweise 10.000 Löcher (Intel Z790-Motherboard), PTH beträgt 70 % ± 5 %, Lochabstand > 0,2 mm ± 0,01 mm

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

Substrattyp	Anwendungsszenario	Anzahl der Schichten	Lochnummernbereich	Porengrößenverteilung	Bohrungstyp	Bemerkung
FR4 (Hohe Dichte)	Server-Motherboard	1016	15.000 - 50.000 ±1.000	0,10,8 mm	Parathormon, Blinde Durchkontaktierungen, vergrabene Durchkontaktierungen	Typischerweise 30.000 Löcher (AMD EPYC-Motherboard), Lochpositionsabweichung <0,005 mm±0,001 mm
HDI	GPU-Modul CPU-Modul	1224	20.000 - 100.000 ±2.000	0,050,5 mm	Mikro-Via, Blinde Durchkontaktierungen, vergrabene Durchkontaktierungen	Typischerweise 50.000 Löcher (NVIDIA RTX 4090), Mikrolöcher machen 60 %80 %±5 % aus
Keramik Substrat	5G-Hochfrequenzmodul	48	2.000 - 10.000 ±200	0,10,8 mm	Parathormon, Blind Via	Typischerweise 5.000 Löcher (Server-Hochfrequenz), Lochwand Ra<0,1 µm±0,01 µm
Aluminiumsubstrat	GPU-Kühlkörper	26	1.000 - 5.000 ±100	0,21,0 mm	Parathormon	Typischerweise 3.000 Löcher (Wärmeableitungslöcher), Lochabstand > 0,5 mm ± 0,01 mm
PTFE Grundplatte	5G-Server Mainboard	612	5.000 - 15.000 ±300	0,10,5 mm	PTH, blinde Durchkontaktierung	Typische 8.000 Löcher (hohe Frequenz und geringer Verlust), hohe Anti-Chip-Anforderungen

Merkmale der Lochnummern:

FR4-Standard-Motherboard

Anzahl der Löcher: 5.000–20.000, hauptsächlich PTH (> 70 % ± 5 %), werden zum Einbau von Komponenten wie CPU-Steckplätzen und Speichersticks verwendet.

HDI-Substrat

Die Anzahl der Löcher beträgt 20.000–100.000, und Mikrolöcher (0,05–0,2 mm) machen 60–80 % ± 5 % aus und unterstützen hochdichte Verbindungen (z. B. GPU-Module).

Keramik/PTFE-Substrat

Die Anzahl der Löcher beträgt 2.000 – 15.000. Hochfrequente Signale erfordern einen größeren Lochabstand (>0,2

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

mm±0,01 mm).

Aluminiumsubstrat

Die Anzahl der Löcher beträgt 1.000–5.000, hauptsächlich Wärmeableitungslöcher, mit einem Durchmesser von 0,51,0 mm ± 0,005 mm.

8. Lebensdauer von Hartmetall-Mikrobohrern

Die Lebensdauer von Mikrobohrern wird durch Substratmaterial, Lochdurchmesser, Drehzahl und Beschichtung beeinflusst. Nachfolgend sind die Lebensdauerdaten unter Computersubstrat aufgeführt (Referenz ASTM G65):

Substrat Typ	Öffnung mm	Marke	Beschichtung	Lebensdauer (Anzahl der Löcher)	Verschleißrate (mm^3 / N · m)	Fehlermodus	Bemerkung
FR4 612. Stock	0,10,3 ±0,005	YL10.2	Zusatzinhalt	100.000 - 150.000 ±10.000	<0,03 ±0,01	Abrasiver Verschleiß, Adhäsion	PC-Motherboard, Lochwand Ra<0,2 µm±0,01 µm , längste Lebensdauer
	0,310,8 ±0,005	K10	Zinn	80.000 - 120.000 ±10.000	<0,04 ±0,01	Abrasiver Verschleiß	PTH-Loch, geringere Harzhaftung
HDI 1224. Stock	0,050,2 ±0,005	K05	Zusatzinhalt	50.000 - 80.000 ±5.000	<0,02 ±0,005	Mikroabsplitterungen, Verschleiß	Server-Motherboard, Genauigkeit <0,001 mm±0,0002 mm
	0,210,5 ±0,005	YU12	AlTiN	60.000 - 100.000 ±5.000	<0,03 ±0,01	Tragen und verbreiten	Blinde/vergrabene Durchkontaktierungen, Temperaturbeständigkeit >900°C±10 °C
Keramik Substrat	0,10,3 ±0,005	K05	Diamant	20.000 - 50.000 ±3.000	<0,02 ±0,005	Abrasiver Verschleiß und Rissbildung	Hochfrequenzmodul, erfordert einen großen Spitzenwinkel (140°±2°) und hat die kürzeste Lebensdauer ()
	0,310,8 ±0,005	YL10.2	TiB_2	30.000 - 60.000 ±3.000	<0,03 ±0,01	Verschleiß, Mikrorisse	Lochwand Ra<0,1 µm±0,01 µm , antithermische Rissbildung
Aluminiumsubstrat	0,20,8 ±0,005	K10	Zinn	80.000 - 120.000 ±10.000	<0,04 ±0,01	Haftung, Verschleiß	GPU-Kühlkörper, Lochabstandsabweichung <0,003 mm ± 0,0005 mm
PTFE Substrat	0,10,5 ±0,005	YU12	Zusatzinhalt	60.000 - 100.000 ±5.000	<0,03 ±0,01	Haftung, Verschleiß	5G-Motherboard, Reibungskoeffizient <0,15±0,01

Lebensdauermerkmale:

FR4

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

Höchste Lebensdauer (80.000 – 150.000 Löcher ± 10.000), weiches Substrat (Glasfaser + Harz, Mohs 4,56 ± 0,5), geringe Verschleißrate (< 0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m).

HDI

Mittlere Lebensdauer (50.000 – 100.000 Löcher ± 5.000), hohe Geschwindigkeit beim Mikrolochbohren (>2×10 ⁵ U/min ± 10 ⁴ U/min) führt zu Mikroabsplitterungen.

Keramiksubstrat

Die Lebensdauer ist am geringsten (20.000 – 60.000 Löcher ± 3.000) und die hohe Härte (Mohs 6,57 ± 0,5) führt zu abrasivem Verschleiß.

Aluminiumsubstrat

Längere Lebensdauer (80.000 – 120.000 Löcher ±10.000), aber anfällig für die Anhaftung von Aluminiumspänen, erfordert eine TiN /DLC-Beschichtung.

PTFE-Substrat

Mittlere Lebensdauer (60.000 – 100.000 Löcher ± 5.000), DLC-Beschichtung hat eine signifikante Anti-Chip-Wirkung.

Beschichtungseinfluss:

Zusatzinhalt

Reibungskoeffizient <0,15±0,01, Lebensdauer um 30 % 50 % ± 5 % erhöht, geeignet für Mikrolöcher.

TiN / AlTiN

Temperaturbeständigkeit > 900 °C ± 10 °C, Lebensdauer um 20 % 30 % ± 5 % erhöht, geeignet für PTH.

Diamant

Härte HV 8000 – 10000±500, Lebensdauer um 50 %–70 %±10 % erhöht, geeignet für Keramiksubstrate, hohe Kosten.

Fehlermodus:

Abrasiver Verschleiß (70 % ± 5 %): Glasfaser-/Keramik-Abrieb WC.

Haftung (20 % ± 5 %): Harz-/Aluminium-Haftung bei 120–150 °C ± 10 °C.

Mikroabsplitterungen (10 % ± 2 %): Mikroporenspannung > 500 MPa ± 50 MPa.

9. Spezifische Anwendungen und Fälle

Typische Anwendungsgebiete von Hartmetall-Mikrobohrern auf Computersubstraten sind (Integration von Smartphones, Servern, GPUs etc.):

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

Substrattyp	Anwendungsfälle	Anzahl der Löcher	Blende (mm)	Mikrobohrparameter	Lebensdauer (Anzahl der Löcher)	Leistungsanforderungen
FR4	ATX-Motherboard Intel Z790	10.000 ±500	0,20,8 ±0,005	YL10.2, DLC, 0,30,8 mm, 200.000 U/min±10.000, 2000 mm/min±100	100.000 - 120.000 ±10.000	Lochpositionsabweichung <0,005 mm±0,001 mm, Lochwand Ra<0,2 μm±0,01 μm , PTH macht 70 % aus
HDI	Server-Motherboard AMD EPYC	50.000 ±2.000	0,050,3 ±0,005	K05, DLC, 0,10,2 mm, 300.000 U/min±10.000, 1000 mm/min±50	60.000 - 80.000 ±5.000	Mikroporengenauigkeit <0,001 mm±0,0002 mm, Mikroporenanteil 80 %±5 %
Keramiksubstrat	5G-Hochfrequenzmodul	5.000 ±200	0,10,5 ±0,005	K05, Diamant, 0,2 mm, 150.000 U/min±10.000, 500 mm/min±50	30.000 - 50.000 ±3.000	Verschleißrate <0,02 mm³ / N · m ± 0,005 mm³ / N · m, Lochwand Ra <0,1 μm ± 0,01 μm
Aluminiumsubstrat	GPU-Kühlplatte NVIDIA RTX 4090	3.000 ±100	0,31,0 ±0,005	K10, TiN , 0,5 mm, 100.000 U/min±10.000, 2000 mm/min±100	80.000 - 100.000 ±10.000	Lochabstandsabweichung <0,003 mm ± 0,0005 mm, Anti-Chip
PTFE-Substrat	Hauptplatine der 5G-Basisstation	8.000 ±300	0,10,5 ±0,005	YU12, DLC, 0,3 mm, 150.000 U/min±10.000, 1000 mm/min±50	60.000 - 100.000 ±5.000	Reibungskoeffizient <0,15±0,01, Signalverlust <0,02 dB/cm±0,005 dB/cm
FR4/HDI-Hybrid	Smartphone-Platine (iPhone 15 Pro)	30.000 ±1.000	0,050,5 ±0,005	K05/YL10.2, DLC, 0,10,3 mm, 250.000 U/min±10.000, 10002000 mm/min±50	80.000 - 100.000 ±5.000	Blendenabweichung <0,001 mm±0,0002 mm, Lochwand Ra<0,15 μm±0,01 μm

Fallstudie:

ATX-Motherboard (Intel Z790)

Die Anzahl der Löcher beträgt etwa 10.000, PTH (0,30,8 mm) macht 70 % ± 5 % aus, YL10.2+DLC-Mikrobohrer (0,30,8 mm) werden zum Bohren von CPU-Steckplätzen und PCIe-Steckplätzen verwendet, mit einer Lebensdauer von 100.000 – 120.000 Löchern ± 10.000 und einer Lochpositionsabweichung von <0,005 ± 0,001 mm, was den Anforderungen der Hochgeschwindigkeitssignalübertragung entspricht.

Server-Motherboard (AMD EPYC)

Die Anzahl der Löcher beträgt 50.000, Mikrolöcher (0,050,2 mm) machen 80 % ± 5 % aus, K05+DLC-Mikrobohrer (0,1 mm) bohren HDI-Zwischenschichtverbindungen, die Lebensdauer beträgt 60.000 – 80.000 Löcher ± 5.000, die Geschwindigkeit beträgt 300.000 U/min ± 10.000, um eine Genauigkeit von <0,001 ± 0,0002 mm zu gewährleisten.

5G Hochfrequenzmodul (Keramik)

Anzahl der Löcher: 5.000, Lochdurchmesser: 0,10,5 mm, K05+Diamant-Mikrobohrer (0,2 mm) zum Bohren von Signalübertragungslöchern, Lebensdauer: 30.000–50.000 Löcher ± 3.000, Lochwand Ra < 0,1 μm ± 0,01 μm , wodurch der Signalverlust reduziert wird.

GPU-Kühlkörper (RTX 4090)

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

Anzahl der Löcher: 3.000, PTH (0,51,0 mm), K10+TiN-Mikrobohrer (0,5 mm) zum Bohren von Wärmeableitungskanälen, Lebensdauer: 80.000 – 100.000 Löcher ±10.000, Lochabstandsabweichung <0,003 ±0,0005 mm.

iPhone 15 Pro PCB

Lochzahl 30.000, FR4/HDI gemischt, K05/YL10.2+DLC-Mikrobohrer (0,10,3 mm) bohren A17-Chip-Verbindung, Lebensdauer 80.000 - 100.000 Löcher ±5.000, Blendenabweichung <0,001 ±0,0002 mm, erfüllt Kompaktheit.

10. Fortschrittliche Technologien und Trends

Ultrafeine Körnung

Korngröße <0,2 μm±0,05 μm (wie z. B. K05), Härte HV 2000 – 2200±50, geeignet für Feinstbohrungen (0,05 mm±0,005 mm).

Nanobeschichtung

DLC+TiN- Verbundbeschichtung (Dicke 0,51 μm±0,1 μm , Reibungskoeffizient <0,1±0,01), Lebensdauer um 50 %±10 % erhöht; CVM Diamant (Härte HV 8000 - 10000±500) wird für Keramiksubstrate verwendet.

Laserbearbeitung

Laserfeineinstellung der Schneide, Rundheit <0,0005 mm±0,0001 mm, Lochwand Ra <0,1 μm±0,01 μm , geeignet für 5G-Hochfrequenzplatinen.

Intelligente Überwachung

Echtzeitüberwachung von Drehmoment (<0,01 N·m±0,001 N·m) und Verschleiß (<0,001 mm±0,0002 mm) zur Optimierung der Bohrleistung und Lebensdauer.

Grüne Fertigung

Energiearmes HIP-Sintern (Energieverbrauch um 10 % ± 2 % reduziert), Recycling von WCCo-Pulver (Rückgewinnungsrate > 90 % ± 5 %) und geringere Umweltbelastung.

11. Fazit

Die Anwendung von Hartmetallstäben/zylindrischen Produkten beim Mikrobohren von Leiterplatten erfolgt hauptsächlich in feinkörnigen Qualitäten wie YL10.2, K05, K10, YU12 mit einem Durchmesser von 0,053,0 mm ± 0,0050,01 mm, einer Härte von HV 1600 – 2100 ± 50, einer Öffnungsabweichung von < 0,002 mm ± 0,0005 mm und einer Lebensdauer von 20.000 – 150.000 Löchern ± 3.00010.000. Die Bohrparameter für Computersubstrate (FR4, HDI, Keramik, aluminiumbasiert, PTFE) sind Lochdurchmesser 0,051,0 mm±0,005 mm, Rotationsgeschwindigkeit 10^5 3,5×10^5 U/min±10^4 U/min, Vorschubgeschwindigkeit 300 – 4000 mm/min±50100 mm/min, Anzahl der Löcher 1.000100.000 und ein hoher Anteil an Mikroporen (HDI erreicht 60 %80 %±5 %). DLC, TiN , AlTiN , Diamantbeschichtung (Reibungskoeffizient <0,15±0,01, Lebensdauer um 30 %70 %±5 %10 % erhöht) und Präzisionsfertigung (wie CIP, HIP, CNC-Schleifen, Laser-Feintuning) gewährleisten hohe Präzision und Haltbarkeit. FR4-Motherboards haben die höchste Lebensdauer (100.000–150.000 Löcher), Keramiksubstrate die niedrigste (20.000–60.000 Löcher). Typische Fälle (wie Intel Z790, AMD EPYC und iPhone 15 Pro) zeigen, dass Hartmetall-Mikrobohrer die Anforderungen an hohe Dichte und Zuverlässigkeit von Computersubstraten erfüllen und sich in Zukunft in Richtung ultrafeiner Körnung, Nanobeschichtungen und intelligenter

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

Überwachung entwickeln werden.

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

Anhang:

Zusammenfassung der Anwendungsbereiche und spezifischen Verwendungszwecke von Hartmetallstäben/Zylinderköpfen

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
Schneiden	gesamt Fräser	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C, Zähigkeit: K_{1c} > 10 MPa·m $^{1/2}$ ± 0,5	WC8Co, AlTiN , DLC	Fräsen von Aluminiumlegierungen für die Luftfahrt, Matrizenstahl (Ra <0,8 µm ± 0,01 µm , Lebensdauer > 5000 m ± 500 m)
	bohren	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/ cm²	WC10Co, TiAlN	Bohren von Edelstahl, Verbundwerkstoffen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm, Lebensdauer > 10^4 Löcher ± 10^3 Löcher)
	Reibahle	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Lebensdauer: >10^4 Stück±10^3 Stück	WC6Co, TiN , DLC	Reiben von Automobil-Zylinderblöcken und Lagerbohrungen (Ra < 0,4 µm ± 0,01 µm , Abweichung < 0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Wasserhähne	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C, Genauigkeit: <0,01 mm	WC10Co, TiCN	Bearbeitung von Gewindebohrungen (Steigungsabweichung <0,005 mm ± 0,001 mm, Lebensdauer > 10^4 Stück ± 10^3 Stück)
	Schaftfräser	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Schwingungsamplitude: <0,1 mm±0,01 mm, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC8Co, AlTiN	Hochgeschwindigkeitsfräsen von Titanlegierungen und Hartstahl (Schnittgeschwindigkeit > 200 m/min ± 10 m/min)
	Mikromesser	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,002 mm±0,0005 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Lebensdauer: >10^4 Stück±10^3 Stück	WC6Co, DLC	Mikroverarbeitete elektronische Teile und Formen (Merkmalsgröße <0,01 mm ± 0,001 mm)
Formenbau	Drahtziehsteinkern	Zylindrisch	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10^6	WC10Co, DLC, CrN	Ziehen von Kupferdraht, Stahldraht (Durchmesserabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			m±10 ⁵ m		
	Kern der Extrusionsdüse	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC12Co, TiC	Stranggepresste Aluminiumrohre, Kunststoffstäbe (Wanddickenabweichung <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Stanzwerkzeugkern	Zylindrisch	Härte: HV 1600 - 2200±50, Schlagfestigkeit: >120 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,06 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ mal	WC10Ni, CrN	Stanzmuttern, Unterlegscheiben (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm)
	Pulverformkern	Zylindrisch	Härte: HV 2000 - 3000±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC10Co, TiC /DLC	Gepresstes Keramikpulver, magnetisches Material (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Kaltstauch-Matrizenkern	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ Stück±10 ⁵ Stück	WC12Co, TiB_2	Kaltstauchbolzen und -nieten (Umformkraft <500 kN±10 kN)
Verschleißfeste Teile	Verschleißfeste Buchse	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴h ± 10 ³h	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Pumpenwellenhülse, Motorwellenhülse (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h)
	Düsenkern	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Erosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm² , Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC8 Co , Al_2O_3	Hochdruck-Wasserstrahldüse, Öl- und Gasdüse (Durchflussabweichung <1 % ± 0,1 %)
	Gleitlager	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden±10 ³ Stunden	WC10Ni, DLC	Mechanische Gleitlager, Pumpenlager (Drehzahl > 5000 U/min ± 500 U/min)
	Verschleißfester Stift	Zylindrisch	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal,	WC12Co, TiC	Baggerbolzen und Scharniere (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden		
	Dichtringkern	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Leckrate: <10 ⁻⁶ Pa·m³ / s ± 10 ⁻⁷ Pa·m³ / s	WC10Co, CrN	Hochdruckpumpendichtungen, Ventildichtungen (Lebensdauer > 10 ⁴ Stunden ± 10 ³ Stunden)
Elektronikindustrie	Mikrobohren von Leiterplatten	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,002 mm±0,0005 mm, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Lebensdauer: >10 ⁵ Löcher±10 ⁴ Löcher	WC6Co, DLC, PVDTiN	Bohren von Multilayer-Leiterplatten, HDI-Platinen (Lochdurchmesser 0,11 mm ± 0,005 mm, Abweichung < 0,001 mm ± 0,0002 mm)
	Präzisionsbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher	WC6Co, DLC, TiN	Bohren von Chipsubstraten, Steckverbindern (Blendenabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Mikrofräser	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,002 mm±0,0005 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Lebensdauer: >10 ⁴ Stück±10 ³ Stück	WC6Co, DLC	Fräsen von Mikroschaltungsformen, Sensorteilen (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm)
	Leitfähiger Stab	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Spezifischer Widerstand: <12 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm , Kontaktwiderstand: <0,1 mΩ±0,01 mΩ , Lebensdauer: >10 ⁶ mal	WC10Ni, PVDCrN	Batteriekontaktstäbe, Verbinder (Wirkungsgrad >99 % ± 1 %)
	Chip-Verpackungschip	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm² , Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm	WC10Co, CrN /DLC	Formkern für Halbleiterverpackungen (Zyklus <1 s±0,1 s, Lebensdauer >10 ⁶ Mal)
Luft- und Raumfahrt	Verbundwerkstoff-Bohrer	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Bohren von Kohlefaser, Titanlegierung (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fräser	Stabförmig	Härte: HV 25003500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC8Co, AlTiN	Fräsen von Flugzeugtriebwerksteilen (Ra<0,8 μm±0,01 μm)

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
	Verschleißfeste Welle	Zylindrisch	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10^6 mal±10^5 mal, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC12Co, CrN	Turbinenwellenkern, Raumfahrzeugscharnier (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)
	Dichtungsstange	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Temperaturbeständigkeit: >1000°C±10°C, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Leckrate: <10^{-6} Pa·m³ / s	WC10 Co , Al_2O_3	Raketentriebwerksdichtungen, Ventilkerne (Betriebsdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden)
Energie und Chemie	Korrosionsbeständiger Bohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: > 10^4Löcher	WC10Co, CrN , DLC	Bohren von Meerwasserpipelines, Chemikalienbehältern (Öffnungsabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Ventileinsatz	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Druckbeständigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC10TiC10Ni, CrN	Ölventile, Gasventileinsätze (Leckrate <10^{-6} Pa·m³ / s ± 10^{-7} Pa·m³ / s)
	Verschleißfestes Gehäuse	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Erosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Temperaturbeständigkeit: >500°C±10°C, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Ölsandpumpengehäuse, Chemiepumpenkern (Betriebsdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Katalysator-Formkern	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Porosität: 10%20%±1%, Korrosionsbeständigkeit: Massenverlust <0,1 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Lebensdauer: >10^4 Stunden	Poröses WCCo , Al_2O_3	Katalysatorpartikelformung (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm)
Zimmerei und Bergbau	Bohrer für die Holzbearbeitung	Stabförmig	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^4 Löcher±10^3 Löcher	WC6Co, TiN , CrN	Bohren in Hartholz, Sperrholz (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Bergbaubohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10^4	WC10Co, TiC , TiB_2	Gesteinsbohrungen, Erzbohrungen (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h)

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Stunden		
	Bohrkern einer Tunnelbohrmaschine	Zylindrisch	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >200 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC12Co, TiB_2	Tunnelbau, Bergbau (Betriebsdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Erzaufbereitungs-Mahlstab	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/cm^2 , Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC10 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Erzmahlung und -aufbereitung (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h)
Bambus- und Holzverarbeitungsindustrie	Bambusholzbohrer	Stabförmig	Härte: HV 1800 - 2500±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Lebensdauer: >10^4 Löcher±10^3 Löcher	WC6Co, TiN , CrN	Bohren von Bambusmöbeln und Holzkonstruktionen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Bambusholzfräser	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC8Co, DLC	Fräsen von Bambusplatten, Holzschnitzerei (Ra < 0,8 μm ± 0,01 μm)
	Ziehsteinkern aus Bambusholz	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10^6 m±10^5 m	WC10Co, CrN	Gezogene Bambusstreifen, Holzfasern (Durchmesserabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Formkern aus Bambusholz	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^6 mal±10^5 mal	WC10Ni, DLC	Gepresste Bambusverpackungen, Holzprodukte (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Medizinisch	Dentalbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Kompatibilität: >95%±2%	WC6Co, DLC	Zahnbohrungen und -restaurationen (Drehzahl >10^5 U/min±10^4 U/min, Abweichung <0,002 mm±0,0005 mm)
	Orthopädische Bohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Lebensdauer: >10^4	WC8Co, TiN	Knochenbohrung, Implantation (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Löcher		
	Medizinischer Fräser	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Lebensdauer: >10 ⁴ Stück±10 ³ Stück	WC6Co, DLC	Fräsen von Knochenreparaturformen, Implantaten (Ra<0,4 μm±0,01 μm)
	Akupunkturnadelformkern	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Genauigkeit: <0,002 mm±0,0005 mm, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm²	WC10Co, CrN	Geformte medizinische Akupunkturnadeln (Durchmesserabweichung <0,001 mm ± 0,0002 mm)
Automobilindustrie	Bohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Stoßfestigkeit: >100 J±10 J, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher±10 ³ Löcher	WC10Co, TiAlN	Bohren von Motorzylinderblock, Fahrgestell (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Fräswerkzeuge	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >800°C±10°C, Lebensdauer: >5000 m	WC8Co, AlTiN	Fräsen von Kurbelwellen, Zahnrädern (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Drahtziehsteinkern	Zylindrisch	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ m	WC10Co, DLC	Gezogener Automobilstahldraht, Federdraht (Durchmesserabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Stanzwerkzeugkern	Zylindrisch	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm	WC10Ni, CrN	Stanzteile Karosserie, Muttern (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Architektur	Betonbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher	WC10Co, TiC	Bohren in Beton, Fels (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Steinfräser	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C,	WC8Co, TiN	Fräsen von Marmor, Granit (Ra<0,8 μm±0,01 μm)

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Lebensdauer: >5000 m±500 m		
	Fundamentbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >200 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC12Co, TiB_2	Pfahlgründungsbohrungen, Tunnelvortrieb (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h)
	Verschleißfester Dorn	Zylindrisch	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10^6 mal±10^5 mal, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC12Co, CrN	Mischerwelle, Brecherwelle (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)
Allgemeine Maschinen	Schubkern	Zylindrisch	Härte: HV 2000 - 3000±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^6 mal	WC10Co, DLC, TiN	Schneiden von Stahldraht, Kunststoff (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Verschleißfeste Führungsstifte	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10^4 Stunden±10^3 Stunden	WC10Ni, CrN	Werkzeugmaschinen-Führungssäulen, Stempel-Führungssäulen (Gleitwiderstand <10 N ± 1 N)
	Hydraulikventileinsatz	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm^2 ± 0,01 mg/ cm^2 , Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC10Co, CrN	Hydraulikventile, Servoventileinsätze (Leckrate <10^{-6} Pa·m^3 / s ± 10^{-7} Pa·m^3 / s)
	Kompressorwelle	Zylindrisch	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10^6 mal±10^5 mal, Lebensdauer: >10^4 Stunden	WC12Co, TiC	Luftkompressorwelle, Pumpenkernwelle (Schwingungsamplitude <0,1 mm ± 0,01 mm)
Eisenbahn und Schienenverkehr	Schienenbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Stoßfestigkeit: >150 J±10 J, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10^4 Löcher±10^3 Löcher	WC10Co, TiAlN	Gebohrte Schienen und Weichen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Radfräser	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Temperaturbeständigkeit: >800°C±10°C, Lebensdauer: >5000 m	WC8Co, AlTiN	Fräsen von Eisenbahnrädern (Rundheitsabweichung <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Verschleißfeste Buchse	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50,	WC10 Co ,	Drehgestellbuchsen, Radachsen

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden±10 ³ Stunden	Cr_3C_2 / NiCr	(Betriebsdauer > 5 Jahre ± 0,5 Jahre)
	Bremsventileinsatz	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Temperaturbeständigkeit: >600°C±10°C, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC12Co, CrN	Ventileinsatz für Hochgeschwindigkeits-Bahnbremsen (Reibungskoeffizient <0,3±0,05)
Schiffbau	Propellerfräser	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1, Lebensdauer: >5000 m	WC8Co, AlTiN , CrN	Fräsen eines Propellers aus Kupferlegierung (Genauigkeit <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Korrosionsbeständiger Ventileinsatz	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Druckbeständigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC10TiC10Ni, DLC	Marine-Ventilkern, Seewasserpumpenkern (Betriebsdauer > 5 Jahre ± 0,5 Jahre)
	Rumpfbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher±10 ³ Löcher	WC10Co, CrN	Bohren einer Stahlplatte im Rumpf (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
Landmaschinen	Bodenbearbeitungsbohrer	Stabförmig	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC10Co, TiC , CrN	Erdbohrungen, Saatlöcher (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Harvester-Fräse	Stabförmig	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >5000 m±500 m, Genauigkeit: <0,01 mm	WC8Co, TiN	Fräsen von Getreidehalmen und Holzteilen (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Verschleißfeste Welle	Zylindrisch	Härte: HV 16002200±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC12Co, CrN	Traktorantriebswelle, Mähdrescherwelle (Schwingungsamplitude <0,1 mm ± 0,01 mm)
Lebensmittelverarbeitung	Lebensmittelbohrer	Stabförmig	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01,	WC6Co, DLC	Bohren von Formen für Lebensmittelverpackungen,

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Kompatibilität: >95%±2%, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher±10 ³ Löcher		Knochen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Lebensmittelfräser	Stabförmig	Härte: HV 1800 – 2500±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Kompatibilität: >95 %±2 %, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC6Co, DLC	Fräsen von Lebensmittelformen, Obst- und Gemüseschneideformen (Ra < 0,4 μm ± 0,01 μ m)
	Dichtungskern	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm² , Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁶ mal	WC10Co, CrN	Siegelform für Lebensmittelverpackungen (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Textil und Druck	Kern für Textildrahtziehwerkzeuge	Zylindrisch	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ m	WC10Co, DLC, CrN	Ziehen von Chemiefasern, Garnen (Durchmesserabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Druckformkern	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁶ mal	WC10Co, CrN	Tiefdruckzylinderkern, Stanzkern (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Garnführungsstange	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC10Ni, WC/C	Garnführungsstange einer Spinnmaschine (Gleitwiderstand <5 N ± 1 N)
Energieausrüstung	Windkraftbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Korrosionsbeständigkeit: pH 212±0,1, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher±10 ³ Löcher	WC10Co, TiB_2 , CrN	Bohren von Rotorblättern und Türmen von Windkraftanlagen (Blendenabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Ventilkern für Kernkraftwerke	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Druckbeständigkeit: >100 MPa±10 MPa, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC10TiC10 Ni, Al_2O_3	Kernkraftwerkskühlung, Ventilkern, Pumpenkern (Betriebsdauer > 10 Jahre ± 1 Jahr)
	Solar-Wafer-Bohrer	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Verschleißfestigkeit:	WC6Co, DLC	Silizium-Wafer-Bohren (Abweichung <0,002 mm ±

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ Löcher		0,0005 mm)
Geologische Erkundung	Geologische Bohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Schlagfestigkeit: >200 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC10Co, TiB_2 , TiC	Ölbohrungen, geologische Erkundung (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h)
	Verschleißfestes Gehäuse	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3 / N · m ± 0,01 mm^3 / N · m, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,1 mg/cm^2 , Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC12 Co , Cr_3C_2 / NiCr	Bohrinselgehäuse, Schlammpumpenkern (Betriebsdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
	Kernprobenbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Stoßfestigkeit: >150 J±10 J, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher±10 ³ Löcher	WC10Co, CrN	Geologische Kernprobenentnahme (Öffnungsabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
Sport und Unterhaltung	Angelgerät-Übung	Stabförmig	Härte: HV 1800 - 2500±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/ cm^2 , Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher	WC6Co, CrN	Bohren von Angelruten- und Angelgeräteformen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Sportgeräteschacht	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC10Co, CrN	Fahrradachsenkern, Skateboardachse (Schwingungsamplitude <0,1 mm ± 0,01 mm)
	Snowboard-Bohrer	Stabförmig	Härte: HV 1800 - 2500±50, Reibungskoeffizient: <0,2±0,01, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm^2 ± 0,01 mg/cm^2 , Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher	WC6Co, DLC	Bohren von Ski- und Schlittschuhformen (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
Kunst und Dekoration	Gravierbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,005 mm±0,001 mm, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Lebensdauer: >10 ⁴ Stück±10 ³ Stück	WC6Co, DLC, TiN	Jadeschnitzerei, Holzschnitzerei (Genauigkeit <0,002 mm ± 0,0005 mm)
	Kern für die Schmuckdrahtziehmaschine	Zylindrisch	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm^3	WC10Co, DLC	Gezogene Gold- und Silberdrähte (Durchmesserabweichung

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

Anwendung Feld	spezifisch verwenden	bilden	Leistungsanforderungen	Typische Materialien und Beschichtungen	Anwendungsbeispiele
			/ N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ m		<0,001 mm ± 0,0002 mm)
	Dekorativer Formkern	Zylindrisch	Härte: HV 1500 - 2000±50, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,05 mg/cm² ± 0,01 mg/ cm² , Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁶ mal	WC10Ni, CrN	Gepresste Keramikornamente, Glasformen (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
Militär	Panzerbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Schlagfestigkeit: >200 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher	WC8Co, TiB_2 , AlTiN	Bohren von Panzerpanzerungen, Panzerstahl (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
	Kugelformkern	Zylindrisch	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	WC10Co, TiC , CrN	Unterdrückte Artilleriegeschosse, Raketensprengköpfe (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm)
	Fassbohrer	Stabförmig	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit: <0,01 mm±0,001 mm, Temperaturbeständigkeit: >800°C±10°C, Lebensdauer: >10 ⁴ Löcher±10 ³ Löcher	WC10Co, AlTiN	Bohren von Gewehr- und Kanonenrohren (Mündungsabweichung <0,02 mm ± 0,005 mm)
	Militärfräser	Stabförmig	Härte: HV 2500 - 3500±50, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Temperaturbeständigkeit: >900°C±10°C, Lebensdauer: >5000 m±500 m	WC8Co, AlTiN	Fräsen von Panzerfahrzeugteilen, Raketengeschossen (Ra<0,8 μm±0,01 μm)
	Verschleißfeste Welle	Zylindrisch	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >200 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden	WC12Co, TiC	Raketenwerferwellenkern, Panzerscharnier (Verformungsrate <0,1 % ± 0,01 %)

Tabelle der verschiedenen Güteklassen und Anwendungen von Hartmetallstäben/-säulen/-streifen

Marke	Hauptzutaten	Leistungsparameter	Anwendungsbereiche	Spezifische Verwendung	Typische Beispiele
YG6	WC6	Härte: HV 1500 - 1800±50, Zähigkeit: K_{1c} 1012 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 14,9 g/cm ³ ± 0,1,	Schneiden, Holzbearbeitung,	Holzbearbeitungsbohrer, Bambusholzfräser,	Bohren von Hartholz (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ±

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

Marke	Hauptzutaten	Leistungsparameter	Anwendungsbereiche	Spezifische Verwendung	Typische Beispiele
		Biegefestigkeit: >1800 MPa±50	Bambus und Holzprodukte	allgemeine Fräser	0,01 mm), Fräsen von Bambus (Ra <0,8 μm ± 0,01 μm)
YG8	Wlq	Härte: HV 1400 - 1700±50, Zähigkeit: K_{1c} 1214 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 14,7 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >2000 MPa±50	Schneiden, Bergbau, Bau	Bergbaubohrer, Betonbohrer, Fräser	Gesteinsbohren (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h), Stahlfräsen (Lebensdauer > 5000 m ± 500 m)
YG10	WC10Co	Härte: HV 1300 - 1600±50, Zähigkeit: K_{1c} 1416 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 14,5 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >2200 MPa±50	Formenbau , Verschleißteile	Drahtziehkern, Stanzkern, verschleißfeste Buchse	Gebürsteter Kupferdraht (Durchmesserabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm), gestanzte Mutter (Lebensdauer > 10^6-fach ± 10^5-fach)
YG15	WC15Co	Härte: HV 1200 - 1500±50, Zähigkeit: K_{1c} 1618 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 14,0 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >2400 MPa±50	Formenbau, Verschleißteile, Bergbau	Kaltstauch-Matrizenkern, Tunnelbohrmaschinen-Schneidkern, verschleißfestes Gehäuse	Kaltstauchbolzen (Umformkraft <500 kN ± 10 kN), Tunnelvortrieb (Lebensdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
YG20	WC20Co	Härte: HV 1000 - 1300±50, Zähigkeit: K_{1c} 1820 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 13,5 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >2600 MPa±50	Formenbau, allgemeiner Maschinenbau	Pulverformkern, Hydraulikventilkern	Gepresstes Keramikpulver (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm), Hydraulikventile (Leckrate <10^{-6} Pa·m^3 /s ± 10^{-7} Pa·m^3 /s)
YL10.2	WC10Co (feinkörnig)	Härte: HV 1600 - 1900±50, Zähigkeit: K_{1c} 911 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 14,5 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >4000 MPa±50	Spanabhebende Bearbeitung, Elektronikindustrie	Integralfräser, PCB-Mikrobohrer, Mikrowerkzeug	Bohren von Leiterplatten (Lochdurchmesser 0,11 mm ± 0,005 mm, Lebensdauer > 10^5 Löcher ± 10^4 Löcher), Fräsen von Werkzeugstahl (Ra < 0,8 μm ± 0,01 μm)
YU12	WC12Co (feinkörnig)	Härte: HV 1700 - 2000±50, Zähigkeit: K_{1c} 810 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 14,3 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >4200 MPa±50	Luft- und Raumfahrt, spanende Bearbeitung	Bohrer und Schaftfräser aus Verbundwerkstoffen	Bohren von Kohlefaser (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm), Fräsen von Titanlegierungen (Schnittgeschwindigkeit > 200 m/min ± 10 m/min)
YN10	WC10Ni	Härte: HV 1400 - 1700±50, Spezifischer Widerstand: <12 μΩ·cm±0,1 μΩ·cm , Dichte: 14,6 g/cm^3 ± 0,1 , Biegefestigkeit: >2000 MPa±50	Elektronik, Energie und Chemie	Leitfähiger Stab, korrosionsbeständiger Ventilkern	Batteriekontaktstäbe (Wirkungsgrad > 99 % ± 1 %), Ölventile (Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden)
YT15	WC6	Härte: HV 1500 - 1800±50, Zähigkeit: K_{1c} 810 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 12,8 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >1500 MPa±50	Spanabhebende Bearbeitung, Automobilbau	Gewindebohrer, Bohrer	Bearbeiten von Gewindebohrungen (Steigungsabweichung <0,005 mm ± 0,001 mm), Bohren von Motorzylindern (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
YT5	WC8	Härte: HV 1300 - 1600±50, Zähigkeit: K_{1c} 1012 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Dichte: 12,5 g/cm^3 ± 0,1, Biegefestigkeit: >1700 MPa±50	Schneiden, Konstruktion	Reibahlen, Steinfräser	Reiben von Lagerbohrungen (Ra<0,4 μm±0,01 μm), Fräsen von Granit (Lebensdauer>5000 m±500 m)

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

Marke	Hauptzutaten	Leistungsparameter	Anwendungsbereiche	Spezifische Verwendung	Typische Beispiele
K10	WC6Co (ISO)	Härte: HV 1600 - 1900±50, Zähigkeit: K ₁c 911 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 14,9 g/cm ³ ± 0,1, Biegefestigkeit: >1800 MPa±50	Schneid-, Medizin-, Elektronikindustrie	Dentalbohrer, PCB-Mikrobohrer, Präzisionsbohrer	Zahnbohren (Drehzahl >10 ⁵ U/min±10 ⁴ U/min), Leiterplattenbohren (Öffnungsabweichung <0,001 mm±0,0002 mm)
K20	WC8Co (ISO)	Härte: HV 1400 - 1700±50, Zähigkeit: K ₁c 1214 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 14,7 g/cm ³ ± 0,1, Biegefestigkeit: >2000 MPa±50	Schneiden, Bergbau, Holzbearbeitung	Bergbaubohrer, Holzbearbeitungsfräser	Erzbohrungen (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h), Fräsen von Sperrholz (Ra < 0,8 µm ± 0,01 µm)
K30	WC10Co (ISO)	Härte: HV 1300 - 1600±50, Zähigkeit: K ₁c 1416 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 14,5 g/cm ³ ± 0,1, Biegefestigkeit: >2200 MPa±50	Formenbau , Verschleißteile	Extrusionsdüsenkern, Düsenkern	Stranggepresstes Aluminiumrohr (Wanddickenabweichung <0,02 mm ± 0,005 mm), Hochdruck-Wasserstrahldüse (Durchflussabweichung <1 % ± 0,1 %)
Platz 10	WCtIcTaC6	Härte: HV 1700 - 2000±50, Zähigkeit: K ₁c 79 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 11,5 g/cm ³ ± 0,1, Biegefestigkeit: >1400 MPa±50	Schneiden, Luft- und Raumfahrt	Schaftfräser, Verbundbohrer	Hochgeschwindigkeitsfräsen von gehärtetem Stahl (Schnittgeschwindigkeit > 200 m/min ± 10 m/min), Bohren von Titanlegierungen (Lochdurchmesserabweichung < 0,05 mm ± 0,01 mm)
P20	WCtIcTaC8	Härte: HV 1600 - 1900±50, Zähigkeit: K ₁c 810 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 11,8 g/cm ³ ± 0,1, Biegefestigkeit: >1500 MPa±50	Spanabhebende Bearbeitung, Automobilbau	Fräswerkzeuge, Bohrer	Fräsen von Kurbelwellen (Ra < 0,8 µm ± 0,01 µm), Bohren von Fahrgestellen (Lochdurchmesserabweichung < 0,05 mm ± 0,01 mm)
M10	WCTiCNi6Co	Härte: HV 1500 - 1800±50, Zähigkeit: K ₁c 911 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 12,0 g/cm ³ ± 0,1, Biegefestigkeit: >1600 MPa±50	Elektronik, Energie und Chemie	Chip-Verpackungsformkern, korrosionsbeständiger Bohrer	Halbleiterverpackung (Zyklus <1 s±0,1 s), Bohren von Meerwasserpipelines (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm±0,01 mm)
M20	WCTiCNi8Co	Härte: HV 1400 - 1700±50, Zähigkeit: K ₁c 1012 MPa·m ¹ / ² ± 0,5, Dichte: 12,2 g/cm ³ ± 0,1, Biegefestigkeit: >1700 MPa±50	Verschleißteile, Schiffbau	Verschleißfeste Buchsen, Rumpfbohrer	Pumpenhülsen (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h), gebohrte Rumpfstahlplatten (Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm±0,01 mm)

Verschiedene Größen und Anwendungstabellen von Hartmetallstäben/-säulen/-streifen

bilden	Maße	Leistungsanforderungen	Anwendungsbereiche	Spezifische Verwendung	Typische Beispiele
Stabförmig	Durchmesser: 0,13 mm ± 0,01 mm, Länge: 10 - 50 mm ± 0,5 mm	Härte: HV 2500 - 3500±50, Genauigkeit: <0,002 mm±0,0005 mm, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ /N · m, Lebensdauer: >10 ⁵ Löcher±10 ⁴ Löcher	Elektronikindustrie, Medizin	PCB-Mikrobohrer, Zahnbohrer, Mikrowerkzeug	Bohren von Smartphone-Leiterplatten (Lochdurchmesser 0,11 mm ± 0,005 mm, Abweichung < 0,001 mm ± 0,0002 mm), Dentalbohren (Drehzahl > 10 ⁵ U/min ± 10 ⁴ U/min)
Stabförmig	Durchmesser:	Härte: HV 2000 - 3000±50, Genauigkeit:	Schneiden,	Präzisionsbohrer für die	Bohren von Chipsubstraten

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

bilden	Maße	Leistungsanforderungen	Anwendungsbereiche	Spezifische Verwendung	Typische Beispiele
	3 - 10 mm ± 0,05 mm, Länge: 50 - 150 mm ± 1 mm	<0,005 mm±0,001 mm, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴Löcher ±10 ³Löcher	Holzbearbeitung, Bambus und Holzprodukte	Holzbearbeitung, Fräser für Bambusholz	(Aperturabweichung <0,002 mm±0,0005 mm), Fräsen von Bambusplatten (Ra<0,8 µm±0,01 µm)
Stabförmig	Durchmesser: 10 - 20 mm ± 0,1 mm, Länge: 100 - 300 mm ± 2 mm	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >5000 m±500 m	Schneiden, Luft- und Raumfahrt, Automobilbau	Vollhartmetallfräser, Verbundbohrer, Fräswerkzeug	Fräsen von Aluminiumlegierungen für die Luftfahrt (Schnittgeschwindigkeit > 200 m/min ± 10 m/min), Bohren von Kohlefaser (Lochdurchmesserabweichung < 0,05 mm ± 0,01 mm)
Stabförmig	Durchmesser: 20 - 50 mm ± 0,2 mm, Länge: 200 - 500 mm ± 3 mm	Härte: HV 1600 - 2200±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴Löcher ±10 ³Löcher	Bergbau, Baugewerbe, Automobilbau	Bergbaubohrer, Betonbohrer, Schienenbohrer	Gesteinsbohren (Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h), Schienenbohren (Lochdurchmesserabweichung < 0,05 mm ± 0,01 mm)
Zylindrisch	Durchmesser: 15 mm ± 0,05 mm, Länge: 10 - 100 mm ± 1 mm	Härte: HV 2000 - 3000±50, Reibungskoeffizient: <0,15±0,01, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ m±10 ⁵ m	Formenbau, Elektronikindustrie	Drahtziehsteinkern, leitfähiger Stab	Gebürsteter Kupferdraht (Durchmesserabweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm), Batteriekontaktstab (Wirkungsgrad > 99 % ± 1 %)
Zylindrisch	Durchmesser: 5 - 10 mm ± 0,1 mm, Länge: 50 - 200 mm ± 2 mm	Härte: HV 1800 - 2500±50, Druckfestigkeit: >100 MPa±10 MPa, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal	Formenbau, allgemeiner Maschinenbau	Stanzkern, Scherkern	Stanzmuttern (Abweichung <0,005 mm ± 0,001 mm), Scherdraht (Lebensdauer > 10 ⁶-fache ± 10 ⁵-fache)
Zylindrisch	Durchmesser: 10 - 20 mm ± 0,2 mm, Länge: 100 - 300 mm ± 3 mm	Härte: HV 1600 - 2200±50, Druckfestigkeit: >150 MPa±10 MPa, Ermüdungsfestigkeit: >10 ⁶ mal±10 ⁵ mal, Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden±10 ³ Stunden	Verschleißteile, Luft- und Raumfahrt, Schiffbau	Verschleißfeste Hülse, verschleißfester Wellenkern, korrosionsbeständiger Ventilkern	Pumpenhülse (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h), Marine-Ventilkern (Betriebsdauer >5 Jahre±0,5 Jahre)
Zylindrisch	Durchmesser: 20 - 50 mm ± 0,5 mm, Länge: 200 - 500 mm ± 5	Härte: HV 1500 - 2000±50, Druckfestigkeit: >200 MPa±10 MPa, Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust <0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² , Lebensdauer: >10 ⁴ Stunden ±10 ³ Stunden	Verschleißteile, Energie- und Chemieindustrie, Eisenbahn	Düsenkern, Ventilkern, Hülse	Hochdruck-Wasserstrahldüsen (Durchflussabweichung <1%±0,1%), Erdölventile (Leckrate <10 ⁻⁶ Pa·m³ / s ± 10 ⁻⁷ Pa·m³ / s)

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

bilden	Maße	Leistungsanforderungen	Anwendungsbereiche	Spezifische Verwendung	Typische Beispiele
	mm				
Streifen	Breite: 5 - 20 mm ± 0,2 mm, Dicke: 2 - 10 mm ± 0,1 mm, Länge: 100 - 300 mm ± 3 mm	Härte: HV 1800 - 2500±50, Schlagfestigkeit: >100 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴h ± 10 ³h	Schneiden, Bergbau, allgemeine Maschinen	Messerklingen, Tunnelbohrmaschinenklingen, Verschleißleisten	Schneiden von Stahlplatten (Lebensdauer > 5000 m ± 500 m), Tunnelbau (Lebensdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre)
Streifen	Breite: 20 - 50 mm ± 0,5 mm, Dicke: 10 - 20 mm ± 0,2 mm, Länge: 200 - 500 mm ± 5 mm	Härte: HV 1600 - 2200±50, Schlagfestigkeit: >150 J±10 J, Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³ / N · m ± 0,01 mm³ / N · m, Lebensdauer: >10 ⁴h ± 10 ³h	Bergbau, Bauwesen, Landmaschinen	Mahlstäbe für die Erzaufbereitung, Brechstäbe, verschleißfeste Auskleidungsstäbe	Erzmahlung (Masseverlust <0,1 g/h±0,01 g/h), Betonzerkleinerung (Lebensdauer >2 Jahre±0,2 Jahre)

Tabellenbeschreibung

Morphologische Klassifikation:

Stabform: kreisförmiger Querschnitt, Durchmesser 0,150 mm ± 0,010,2 mm, Länge 10 – 500 mm ± 0,53 mm, geeignet zum Rotationsschneiden und Bohren, wie z. B. PCB-Mikrobohrer (Durchmesser 0,13 mm ± 0,01 mm), Fräser (Durchmesser 10 – 20 mm ± 0,1 mm).

Zylindrisch: kreisförmiger Querschnitt, Durchmesser 1 – 50 mm ± 0,050,5 mm, Länge 10 – 500 mm ± 15 mm, mit Schwerpunkt auf Druckfestigkeit und Verschleißfestigkeit, wie z. B. Drahtziehkern (Durchmesser 15 mm ± 0,05 mm), Wellenhülse (Durchmesser 1050 mm ± 0,20,5 mm).

Streifen: rechteckiger oder quadratischer Querschnitt, Breite 5 – 50 mm ± 0,20,5 mm, Dicke 2 – 20 mm ± 0,10,2 mm, Länge 100 – 500 mm ± 35 mm, verwendet für Messerstreifen, verschleißfeste Auskleidungsstreifen, wie z. B. Messerstreifen für Tunnelbaumaschinen (Breite 20 – 50 mm ± 0,5 mm).

Abmessungen:

Durchmesser/Breite/Dicke: deckt kleine (wie PCB-Mikrobohrer, 0,13 mm ± 0,01 mm) bis große (wie Hülsen, 20 – 50 mm ± 0,5 mm) ab, mit Genauigkeit gemäß ISO 1832 (Schneidwerkzeuge), ISO 3369 (Maßmessung).

Länge: von kurz (10 – 50 mm ± 0,5 mm, PCB-Mikrobohrer) bis lang (200 – 500 mm ± 35 mm, Bergbaubohrer), unterstützt kundenspezifisches Schneiden (Toleranz +2/0 mm).

Leistungsanforderungen:

Härte: HV 1500 – 3500±50 (ASTM E384), wie z. B. PCB-Mikrobohren (HV 2500 – 3500±50).

Genauigkeit: <0,002 mm ± 0,0005 mm (Mikrobohrer für Leiterplatten) bis <0,01 mm ± 0,001 mm (Fräser), gemäß ISO 1832.

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

Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/N·m (ASTM G65), wie z. B. Drahtziehsteinkern.
Druckfestigkeit/Schlagfestigkeit: Druckfestigkeit > 100 – 200 MPa ± 10 MPa (ISO 3327), Schlagfestigkeit > 100 – 150 J ± 10 J (ASTM E23), wie z. B. Buchsen, Bergbaubohrer.
Korrosionsbeständigkeit: Masseverlust < 0,06 mg/cm² ± 0,01 mg/cm² (ISO 9227), zB Ventilkern.
Lebensdauer: Schneidwerkzeuge >5000 m ± 500 m oder >10^4 10^5 Löcher ±10^3 10^4 Löcher, Formen >10^6 mal ±10^5 mal, Verschleißteile >10^4 Stunden ±10^3 Stunden.

Anwendungsgebiete und konkrete Einsatzzwecke:
Elektronikindustrie: PCB-Mikrobohrer (Durchmesser 0,13 mm ± 0,01 mm): Bohren von mehrschichtigen PCB-Platinen, HDI-Platinen, Lochdurchmesser 0,11 mm ± 0,005 mm, Genauigkeit < 0,002 mm ± 0,0005 mm, Lebensdauer > 10^5 Löcher ± 10^4 Löcher.
Leitfähiger Stab (Durchmesser 15 mm ± 0,05 mm), Mikrofräser (Durchmesser 310 mm ± 0,05 mm).
Schneiden: Fräser (Durchmesser 10 – 20 mm ± 0,1 mm), Bohrer (Durchmesser 3 – 50 mm ± 0,050,2 mm), Gewindebohrer (Durchmesser 10 – 20 mm ± 0,1 mm).
Formenbau : Drahtziehkern (Durchmesser 15 mm ± 0,05 mm), Stanzkern (Durchmesser 5 – 10 mm ± 0,1 mm), Kaltstauchkern (Durchmesser 1020 mm ± 0,2 mm).
Verschleißfeste Teile: Hülse (Durchmesser 10 – 50 mm ± 0,20,5 mm), Düsenkern (Durchmesser 20 – 50 mm ± 0,5 mm), Dichtringkern (Durchmesser 1020 mm ± 0,2 mm).
Sonstiges: Luft- und Raumfahrt (Verbundbohrer, Durchmesser 10 – 20 mm ± 0,1 mm), Bergbau (Straßenbohrmaschinenblätter, Breite 20 – 50 mm ± 0,5 mm), Medizin (Zahnbohrer, Durchmesser 0,13 mm ± 0,01 mm).

Typische Beispiele:
PCB-Mikrobohrer (Durchmesser 0,13 mm ± 0,01 mm): Bohren einer 5G-Basisstation-HDI-Platine, Lochdurchmesserabweichung <0,001 mm ± 0,0002 mm, Oberflächenrauheit Ra <0,2 μm ± 0,01 μm .
Vollhartmetallfräser (Durchmesser 10 – 20 mm ± 0,1 mm): Fräsen von Formenstahl, Schnittgeschwindigkeit > 200 m/min ± 10 m/min, Standzeit > 5000 m ± 500 m.
Drahtziehsteinkern (Durchmesser 1 - 5 mm ± 0,05 mm): Ziehen von Golddraht, Durchmesserabweichung < 0,002 mm ± 0,0005 mm, Lebensdauer > 10^6 m ± 10^5 m.
Verschleißfeste Hülsen (Durchmesser 10 – 50 mm ± 0,20,5 mm): werden für Pumpenwellen verwendet, Massenverlust < 0,1 g/h ± 0,01 g/h, Lebensdauer > 5 Jahre ± 0,5 Jahre.
Teilschnittmaschinenblätter (Breite 20 – 50 mm ± 0,5 mm): Tunnelvortrieb, Lebensdauer > 2 Jahre ± 0,2 Jahre.

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

Spezifikationen von Hartmetall-Lochstäben

Typ	Querschnittsform	Materialtyp	Durchmesser/Größe Bereich (mm)	Längenbereich (mm)	Anzahl der Löcher	Blendenbereich (mm)	Lochabstand (mm)	Spiral-Winkel	Toleranz	Oberflächenbehandlung	Bemerkung
Einfach gerade Lochstange	Runden	WC6Co, WC10Co	2,06,0 ±0,02	30 - 330 ±1,0	1	0,31,5 ±0,01	Mittelloch		h6, h7 (ISO 286)	Schleifen, DLC-Beschichtung	Für Mikrobohrer, ty Durchmesser 4 Lochdurchmesser 0,8 B. PCB-Bohren, Gena <0,002 mm±0,0005 m
		Wlq	6,112,0 ±0,03	50 - 600 ±1,0	1	1,63,0 ±0,02	Mittelloch		h6, h8	Schleifen, TiN - Beschichtung	Für Tieflochboh typischer Durchmess mm, Lochdurchmesse (z. B. Bearbeitung Automotoren)
		WCTC	12.125.0 ±0,05	100 - 1000 ±2,0	1	3,16,0 ±0,03	Mittelloch		h7, h9	Schleifen, CrN - Beschichtung	Für Tieflochbohren, ty Durchmesser 20 Lochdurchmesser 5 m tiefe Löcher in Matriz
		WC15Co	25.160.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	1	6,112,0 ±0,05	Mittelloch		h8, h10	Polieren, TiB_2-Beschichtung	Für schwere Boh typischer Durchmess mm, Lochdurchmess mm (z. Bergbaubohrungen)
Doppelte Gerade Lochstange	Runden	WC6Co, WC8Co	3,08,0 ±0,02	50 - 330 ±1,0	2	0,32,0 ±0,01	0,83,0 ±0,05		h6, h7	Schleifen, TiN - Beschichtung	Für hochpräzise typischer Durchmesse Lochdurchmesser 1 Lochabstand 2 mm Luftfahrt-Verbundwer
		WC10Ni	8,115,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	2	2,14,0 ±0,02	3,16,0 ±0,05		h6, h8	Schleifen, AlTiN - Beschichtung	Für die Tieflochbearb typischer Durchmess mm, Lochdurchmesse Lochabstand 4 mm Formenbearbeitung)
		WCt	15.130.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	2	4,18,0 ±0,03	6,110,0 ±0,1		h7, h9	Schleifen, CrN - Beschichten	Für Fräser mit Kühlleistung, typisch 20 mm Durchmesser, Lochdurchmesser, Lochabstand (zB Auto
		WC20Co	30,180,0 ±0,1	200 - 2000 ±5,0	2	8,115,0 ±0,05	10,120,0 ±0,1		h8, h10	Polieren, TiC - Beschichtung	Für große typischerweise 50

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

Typ	Querschnittsform	Materialtyp	Durchmesser/Größe Bereich (mm)	Längenbereich (mm)	Anzahl der Löcher	Blendenbereich (mm)	Lochabstand (mm)	Spiral-Winkel	Toleranz	Oberflächenbehandlung	Bemerkung
											Durchmesser, 10 Lochdurchmesser, 1 Lochabstand (z. B. C Gasbohrungen)
Stange mit drei geraden Löchern	Runden	WC8Co, WC10Co	6,015,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	3	0,53,0 ±0,02	1,55,0 ±0,05		h6, h8	Schleifen, AlTiN - Beschichtung	Für Mehrkanal-Küh typischer Durchmess mm, Lochdurchmesse Lochabstand 3 mm Flugzeugtriebwerke)
		WC12Ni	15.140.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	3	3,16,0 ±0,03	5,110,0 ±0,1		h7, h9	Schleifen, CrN Beschichtung	Für Hochlastzersp typischer Durchmess mm, Lochdurchmesse Lochabstand 8 mr Schiffbau)
Stange mit vier geraden Löchern	Runden	WC10Co, WCTiC	10,030,0 ±0,05	150 - 1000 ±2,0	4	0,54,0 ±0,02	2,08,0 ±0,1		h7, h9	Schleifen, TiB_2- Beschichtung	Für ultrahohe Kühll typischer Durchmess mm, Lochdurchmesse Lochabstand 5 mm (z schweren Maschinen)
		WC15Co	30,1100,0 ±0,1	200 - 2000 ±5,0	4	4,110,0 ±0,05	8,115,0 ±0,1		h8, h10	Polieren , Al_2O_3 - Beschichtung	Für große typischerweise 60 Durchmesser, 8 Lochdurchmesser, 1 Lochabstand (z. Bergbaumaschinen)
Einzelspirallochstange	Runden	WC6Co, WC8Co	2,06,0 ±0,02	30 - 330 ±1,0	1	0,31,5 ±0,01	Mittelloch	15°45°±1°	h6, h7	Schleifen, DLC-Beschichtung	Für Hochgeschwindigkeits typischer Durchmesse Lochdurchmesser 0,3 30°-Spirale (z. B. Bohren, Genauigkeit mm±0,0005 mm)
		WC10Ni	6,112,0 ±0,03	50 - 600 ±1,0	1	1,63,0 ±0,02	Mittelloch	20°45°±1°	h6, h8	Schleifen, AlTiN - Beschichtung	Für Tieflochfräser, ty Durchmesser 10 Lochdurchmesser 2 m Spiralwinkel (z. Bearbeitung

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

Typ	Querschnittsform	Materialtyp	Durchmesser/Größe Bereich (mm)	Längenbereich (mm)	Anzahl der Löcher	Blendenbereich (mm)	Lochabstand (mm)	Spiral-Winkel	Toleranz	Oberflächenbehandlung	Bemerkung
											Titanlegierungen)
		WCTC	12.125.0 ±0,05	100 - 1000 ±2,0	1	3,16,0 ±0,03	Mittelloch	25°45°±1°	h7, h9	Schleifen, CrN - Beschichten	Für Hochleistungs typischer Durchmess mm, Lochdurchmesse 30° Spirale (zB Lu Raumfahrt)
		WC15Co	25.160.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	1	6,112,0 ±0,05	Mittelloch	30°45°±1°	h8, h10	Polieren, TiB_2-Beschichtung	Für Hochleistungssch typischer Durchmess mm, Lochdurchmess mm, 40°-Spirale Bergbaubohrungen)
Doppelspirallochstange	Runden	WC6Co, WC8Co	3,08,0 ±0,02	50 - 330 ±1,0	2	0,32,0 ±0,01	0,83,0 ±0,05	15°45°±1°	h6, h7	Schleifen, TiN - Beschichtung	Für Hochgeschwindigkeits typischer Durchmesse Lochdurchmesser 1 Lochabstand 2 mm Spirale (z. Edelstahlverarbeitung
		WC10Co	8,115,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	2	2,14,0 ±0,02	3,16,0 ±0,05	20°45°±1°	h6, h8	Schleifen, AlTiN - Beschichtung	Für Tieflochbohrer, ty Durchmesser 12 Lochdurchmesser 3 Lochabstand 4 mm Spirale (z. Formenbearbeitung)
		WC12Ni	15.130.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	2	4,18,0 ±0,03	6,110,0 ±0,1	25°45°±1°	h7, h9	Schleifen, CrN - Beschichten	Für hocheff Schneiden, ty Durchmesser 20 Lochdurchmesser 6 Lochabstand 8 mm Spirale (z. B. Autoteil
		WC20Co	30,180,0 ±0,1	200 - 2000 ±5,0	2	8,115,0 ±0,05	10,120,0 ±0,1	30°45°±1°	h8, h10	Polieren, TiC - Beschichtung	Für Hochleistung typischer Durchmess mm, Bohrungsdurch 10 mm, Bohrungsabs mm, 40°-Spiralverz (z. B. Flugzeugtriebwe
Drei Spirallochstab	Runden	WC8Co,	6,020,0 ±0,03	100 - 600 ±1,0	3	0,54,0 ±0,02	1,56,0 ±0,05	20°45°±1°	h6, h8	Schleifen, AlTiN -	Für Mehrkanal-Kül

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

Typ	Querschnittsform	Materialtyp	Durchmesser/Größe Bereich (mm)	Längenbereich (mm)	Anzahl der Löcher	Blendenbereich (mm)	Lochabstand (mm)	Spiral-Winkel	Toleranz	Oberflächenbehandlung	Bemerkung
		WC10Co								Beschichtung	typischer Durchmes mm, Lochdurchmesse Lochabstand 4 mm Luftfahrt-Verbundwer
		WCTC	20,150,0 ±0,1	200 - 1500 ±3,0	3	4,110,0 ±0,05	6,112,0 ±0,1	25°45°±1°	h8, h10	Polieren, TiB_2-Beschichtung	Für schwere Zers typischer Durchmes mm, Lochdurchmesse Lochabstand 10 m Schiffbau)
Speziell geformter Lochstab	Kreis/Oval	WC10Co, WCNi	5,030,0 ±0,05	100 - 1000 ±2,0	14	0,58,0 ±0,03	1,010,0 ±0,1	0°45°±1°	h7, h9	Schleifen, CrN - Beschichten	Für Sonderbohrer, t Durchmesser 20 mm, Loch 5×3 mm Sonderbearbeitung)

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

Spezifikationen von Hartmetallstäben ohne Löcher

Morphologie	Abschnitt Form	Materialtyp	Durchmesser-/Größenbereich (mm)	Längenbereich (mm)	Toleranz ISO 286	Oberflächenbehandlung	Bemerkung
Stabförmig	Runden	WC6Co, WC8Co	0,051,0 ±0,005	550 ±0,3	h5, h6	Schleifen, DLC-Beschichtung	Für Ultramikrobohrer, typischer Durchmesser 0,1 mm (z. B. PCB-Mikrobohrer, Genauigkeit <0,001 mm ± 0,0002 mm)
		WC10Co, WCNi	1,13,0 ±0,01	10 - 100 ±0,5	h6, h7	Schleifen, TiN - Beschichtung	Für Dentalbohrer, typischer Durchmesser 2 mm (zB Zahnrestaurationen, Drehzahl >10 ⁵ U/min ±10 ⁴ U/min)
		WCTC	3,16,0 ±0,02	30 - 150 ±0,5	h6, h7	Schleifen, AlTiN - Beschichtung	Für Präzisionsfräser, typischer Durchmesser 4 mm (zB elektronische Formenbearbeitung)
		WC12Co	6,112,0 ±0,03	50 - 330 ±1,0	h6, h8	Schleifen, CrN - Beschichten	Für Vollhartmetallfräser, typischer Durchmesser 10 mm, Länge 330 mm (ISO 1832, Luftfahrt-Aluminiumlegierung)
		WC15Co	12.120.0 ±0.05	100 - 600 ±1,0	h6, h8	Schleifen, TiB_2-Beschichtung	Bohrer für Verbundwerkstoffe, typischer Durchmesser 16 mm (z. B. Kohlefaserbohren, Lochdurchmesserabweichung <0,05 mm ± 0,01 mm)
		WC20Co	20,150,0 ±0,1	200 - 1500 ±2,0	h7, h9	Schleifen und Polieren	Bohrkronen für den Bergbau, typischer Durchmesser 30 mm (z. B. Gesteinsbohrungen, Bohrgeschwindigkeit > 1 m/h ± 0,1 m/h)
		WCt	50,1100,0 ±0,2	500 - 3000 ±5,0	h8, h10	Sintern, Schruppen	Für den Einsatz in Teilschnittmaschinen - Schneidkernen, typischer Durchmesser 80 mm (z. B. Tunnelbohren)
		WC25Co	100,1500,0 ±0,5	1000 - 5000 ±10,0	h9, h11	Sintern, Sandstrahlen	Für die Erzaufbereitung Mahlstäbe, typischer Durchmesser 300 mm (z. B. Erzmahlen, Massenverlust <0,1 g/h±0,01 g/h)
	Oval	WC10Co, WCNi	Lange Achse 1,020,0 ±0,05, kurze Achse 0,510,0 ±0,05	50 - 600 ±1,0	h6, h8	Schleifen, CrN - Beschichten	Für spezielle Formkerne, typische Größe 10×5 mm (z. B. speziell geformte Drahtziehsteine)
	Halbkreisförmig	WC8Co, WC12Co	Radius 2.030.0 ±0.05	50 - 1000 ±2,0	h7, h9	Schleifen, TiC - Beschichtung	Für verschleißfeste Führungsschienen, typischer Radius 15 mm (z. B. mechanische Positionierung)
Streifen	Rechteck	WC6Co, WC10Co	Breite 1.010.0 ±0.02, Dicke 0.55.0 ±0.02	10 - 200 ±0,5	h6, h7	Schleifen, DLC-Beschichtung	Für Mikrowerkzeugrohlinge, typische Größe 5×2 mm (z. B. elektronische Formverarbeitung)
		WC15Co	Breite 10.120.0 ±0.05, Dicke 5.110.0 ±0.05	50 - 400 ±1,0	h6, h8	Schleifen, TiN - Beschichtung	Für Holzbearbeitungsblätter, typische Größe 15×8 mm (z. B. Sperrholzschneiden)
		WC20Co	Breite 20.150.0 ±0.1, Dicke 10.120.0 ±0.1	10 - 0800 ±2,0	h7, h9	Polieren, CrN - Beschichten	Für Stanzklingen, typische Größe 30×15 mm (z. B. Blechscheren)

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

Morphologie	Abschnitt Form	Materialtyp	Durchmesser-/Größenbereich (mm)	Längenbereich (mm)	Toleranz ISO 286	Oberflächenbehandlung	Bemerkung
		WCTC	Breite 50.1150.0 ±0.2, Dicke 20.150.0 ±0.2	200 - 1500 ±5,0	h8, h10	Sintern, Sandstrahlen	Wird für Brecherauskleidungen verwendet, typische Größe 100 × 40 mm (z. B. Brechen im Bergbau)
	Quadrat	WC8Co, WC12Co	Seitenlänge 1,010,0 ±0,02	10 - 200 ±0,5	h6, h7	Schleifen, AlTiN - Beschichtung	Für Präzisionsführungen, typische Seitenlänge 5 mm (zB elektronische Geräte)
		WC15Co	Seitenlänge 10.130.0 ±0.05	50 - 600 ±1,0	h7, h9	Schleifen, TiB_2- Beschichtung	Für Gleitleisten, typische Seitenlänge 20 mm (zB mechanische Verschleißteile)
		WC20Co	Seitenlänge 30,1100,0 ±0,2	100 - 1000 ±2,0	h8, h10	Sintern, Sandstrahlen	Für schwere Klingen, typischerweise 50 mm Kantenlänge (zB Bauzerkleinerung)
	Dreieck	WC10Co, WCNi	Seitenlänge 2.020.0 ±0.05	50 - 400 ±1,0	h6, h8	Schleifen, CrN - Beschichten	Für spezielle Werkzeugrohlinge, typische Seitenlänge 10 mm (z. B. dekorative Gravuren)
	Trapez	WC8Co, WC12Co	Obere Basis 2.020.0 ±0.05, untere Basis 3.030.0 ±0.05, Höhe 1.015.0 ±0.05	50 - 600 ±1,0	h7, h9	Schleifen, TiC - Beschichtung	Für verschleißfeste Einsätze, typische Größe 10×15×8 mm (z. B. Förderbänder im Bergbau)
Säulenförmig	Zylinder	WC6Co, WC10Co	0,55,0 ±0,02	5 - 100 ±0,5	h6, h7	Hochglanzpolieren, DLC-Beschichtung	Für Drahtziehmatrizenkerne, typischer Durchmesser 3 mm (z. B. beim Kupferdrahtziehen, Abweichung <0,002 mm ± 0,0005 mm)
		WC15Co	5,120,0 ±0,05	20 - 200 ±1,0	h6, h8	Polieren, CrN - Beschichten	Zum Stanzen von Matrizenkernen, typischer Durchmesser 10 mm (z. B. Automutternstanzen)
		WC20Co	20,150,0 ±0,1	50 - 400 ±2,0	h7, h9	Schleifen, TiC - Beschichtung	Für Extrusionsdüsenkerne, typischer Durchmesser 30 mm (z. B. Extrusion von Aluminiumrohren, Wanddickenabweichung <0,02 mm ± 0,005 mm)
		WCtC	50,1200,0 ±0,2	100 - 1000 ±5,0	h8, h10	Sintern, Sandstrahlen	Für Kaltstauch-Matrizenkerne, typischer Durchmesser 100 mm (zB Bolzen-Kaltstauchverfahren)
	Sechseckige Säule	WC10Co, WCNi	Marge 2.020.0 ±0.05	50 - 400 ±1,0	h6, h8	Schleifen, CrN - Beschichten	Bei Sechskantkernen typischer Randabstand 10 mm (zB Befestigungsformteil)
		WC15Co	Marge 20.150.0 ±0.1	100 - 800 ±2,0	h7, h9	Polieren , Al_2O_3 - Beschichtung	Für verschleißfeste Führungspfosten, typischer Randabstand 30 mm (z. B. mechanische Führungsschienen)
	achteckige Säule	WC8Co, WC12Co	Marge 5.030.0 ±0.05	50 - 600 ±1,0	h7, h9	Schleifen, TiB_2- Beschichtung	Für spezielle Formkerne, typischer Randabstand 20 mm (z. B. Dekorformen)
	Sternensäule	WC10Co, WCNi	Umkreisdurchmesser 5.040.0 ±0.1	50 - 600 ±2,0	h7, h9	Schleifen, CrN - Beschichten	Für individuelle Verschleißteile, typischer Durchmesser 20 mm (zB künstlerische Bearbeitung)

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

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

Anhang:

Einführung von Hartmetallbolzen

Hartmetallbolzen sind leistungsstarke, verschleißfeste Komponenten aus Wolframkarbid und anderen Hartlegierungen, die durch Präzisionsfertigungsverfahren hergestellt werden. Sie sind für verschleiß-, stoß- und korrosionsbelastete Industrieumgebungen konzipiert. Sie zeichnen sich durch ihre hohe Härte, hervorragende Zähigkeit und lange Lebensdauer aus und finden breite Anwendung im Bergbau, Maschinenbau, in der Baumaschinenindustrie, der Energiewirtschaft, in Häfen und Docks, der Metallurgie- und Chemieindustrie, der Land- und Forstwirtschaft sowie im Schiffsbau. Ob Baggerschaufel, Brecherhammer oder verschleißfeste Teile eines Hafenförderbandes – Hartmetallbolzen können die Haltbarkeit und Betriebseffizienz der Anlagen deutlich verbessern und die Wartungskosten senken.

Dieser Artikel stellt die Schlüsselkomponenten dieses Industriezweigs umfassend unter den Gesichtspunkten Materialeigenschaften, grundlegende Spezifikationen, Herstellungsverfahren, Verwendungs- und Anwendungsszenarien, Vorteile, Herausforderungen und Lösungen sowie zukünftige Entwicklungen vor.

1. Materialzusammensetzung und Eigenschaften von Hartmetallbolzen

1.1 Zusammensetzung

1.2

Die Materialzusammensetzung der Hartmetallbolzen ist sorgfältig darauf ausgelegt, Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit in Einklang zu bringen:

Hartphase: Wolframkarbid (WC, 80–95 %), das für hervorragende Härte und Verschleißfestigkeit sorgt. Einige Formeln sind mit Titankarbid (TiC , 15 %) oder Tantalkarbid (TaC , 0,52 %) dotiert, um die Hochtemperaturstabilität oder Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

Bindephase: Kobalt (Co, 515 %) ist das Hauptbindemittel und verbessert die Zähigkeit und Schlagfestigkeit. Nickel (Ni, 510 %) wird in speziellen Formeln zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit verwendet und eignet sich für saure oder feuchte Umgebungen.

Additive: Spuren von Chrom (Cr, 0,11 %), Vanadium (V, 0,050,5 %) oder 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 von Hartmetallbolzen

Die Leistungsfähigkeit von Hartmetallbolzen beruht auf ihrer optimierten Mikrostruktur:

Härte: HRA 86 – 92 (HV 1200–1700), übertrifft Manganstahl (HRC 20 – 50) oder Chromgusseisen (HRC 50 – 60) bei weitem.

Bruchzähigkeit: 6,510 MPa·m^1/2, besser als gewöhnliches Hartmetall (57 MPa·m^1/2), beständig gegen Bruch bei hoher Schlagzähigkeit.

Verschleißfestigkeit: Verschleißrate 0,010,02 mm^3/ N·m (ASTM G65), 1,52-mal niedriger als bei hochchromhaltigem Gusseisen.

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

Druckfestigkeit: 4000 – 6000 MPa, geeignet für starke Stoßbelastungen.
Dichte: 13.815,2 g/cm^3, ausgewogene Festigkeit und Gewicht.
Korrosionsbeständigkeit: Korrosionsrate <0,07 mm/Jahr bei pH 49; Formulierungen oder Beschichtungen auf Nickelbasis können einem pH-Wert von 210 standhalten.
Temperaturbeständigkeit: 20°C bis 800°C, einige Formulierungen halten kurzzeitig 1000°C stand.

1.3 Mikrostrukturelle Vorteile von Hartmetallbolzen

Die Bolzen weisen üblicherweise eine Feinkornstruktur (0,52 Mikron) oder eine Ultrafeinkornstruktur (0,20,5 Mikron) auf. Zu den Vorteilen gehören:
Hohe Härte: Feine Körner vergrößern die Korngrenzenfläche und verbessern so die Verformungsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit.
Hervorragende Zähigkeit: Durch die Kornverfeinerung werden Spannungen abgebaut und die Rissausbreitung verringert.
Verschleißstabilität: Reduziert Mikroabplatzungen, hält die Oberfläche glatt und verlängert die Lebensdauer.

2. Grundlegende Spezifikationen von Hartmetallbolzen
Hartmetallbolzen sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Die folgenden Spezifikationen und Parameter sind gängig (siehe Industrienormen und Herstellerangaben):

Hartmetallbolzengeometrie :
Zylindrisch: Am häufigsten, geeignet für Inlays oder Löten.
Konisch: Für Szenarien mit hoher Durchdringung, wie z. B. Gesteinsbohrwerkzeuge.
Halbkugel- oder Flachkopf: Vergrößerte Auflagefläche, geeignet für verschleißfeste Oberflächen.
Kundenspezifische Formen: Trapez, Polygon usw., um spezifischen Arbeitsbedingungen gerecht zu werden.

der Hartmetallbolzen :
Durchmesser: 3 – 60 mm (üblich sind 6 – 30 mm).
Länge: 5 – 120 mm (üblich sind 10 – 50 mm).
Toleranz: ±0,02 mm (hochpräzise Bearbeitung).

der Hartmetallbolzen :
Jedes Stück wiegt 0,053 kg und ist zum Einlegen oder zur mechanischen Befestigung geeignet.

Oberflächenrauheit:
Ra 0,3 – 0,8 µm , verringert Reibung und Materialhaftung.

Härtegrad:
Standard: HRA 86 – 89 (Bergbau, Bauanwendungen).
Hohe Härte: HRA 89 – 92 (extreme Beanspruchung, z. B. beim Bohren in Gestein).

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

Materialformel:
WCCo (Allzweck): Kobaltgehalt 6 – 12 %, HRA 87 – 91, hohe Zähigkeit.
WCNi (korrosionsbeständiger Typ): Nickelgehalt 510 %, geeignet für saure Umgebungen.
WCTiCTaC (Hochtemperaturtyp): Temperaturbeständigkeit 800 – 1000 °C.

Installationsmethode:
Löten: Hochtemperaturlöten (900–1100 °C), Verbindungsfestigkeit > 200 MPa.
Mechanische Montage: Kalt- oder Heißpressen, Montagezeit <10 Minuten.
Bolzenbefestigung: für abnehmbare Teile.

Oberflächenbehandlung:
Polieren: Ra 0,20,4 μm , ermüdungsbeständig.
Beschichtung: TiN (HV 2000–2500), DLC (Reibungskoeffizient 0,1–0,2).

Einhaltung von Standards:
Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.
ASTM B771 (Verschleißtest), ISO 3878 (Härtetest).

Typische Produktbeispiele für Hartmetallbolzen :
Bergbaubolzen: Durchmesser 10 – 20 mm, Länge 20 – 40 mm, HRA 88 – 90, Lebensdauer 4000 – 8000 Stunden.
Brechbolzen: Durchmesser 20 – 40 mm, Länge 30 – 60 mm, HRA 89 – 92, Stoßfestigkeit < 100 Hz.
Anschlussverschleißteile: Durchmesser 15 – 30 mm, Länge 15 – 50 mm, HRA 86 – 89, seewasserkorrosionsbeständig.

3. Herstellungsprozess von Hartmetallbolzen
Die Herstellung von Hartmetallbolzen basiert auf der Pulvermetallurgie-Technologie, um Leistung und Präzision zu gewährleisten.

3.1 Rohstoffaufbereitung

hochreines Wolframkarbid (WC, Reinheit >99,95 %), Kobalt (Co, Reinheit >99,9 %) und weitere Additive (wie TiC , TaC) verwendet. Die Pulver werden durch Nassmahlen (Alkohol oder deionisiertes Wasser, Kugelmahlen für 2472 Stunden) mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von 0,21 μm gemischt. VC oder Cr3C2 (0,10,5 %) wird als Korninhibitor zugesetzt.

3.2 Umformen

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Pulver wird bei 200 – 400 MPa zu Grünlingen mit einer Dichte von 50 – 60 % des theoretischen Werts gepresst.
Präzisionsformen : Für komplexe Formen werden hochpräzise Formen (Toleranz ±0,1 mm)

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

verwendet .
Sprühtrocknung: Bereiten Sie fließfähige Partikel vor und verbessern Sie die Gleichmäßigkeit 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 %.
Abkühlung: Allmähliches Abkühlen (10 – 20°C/min) um thermische Spannungsrisse zu vermeiden.

3.4 Nachbearbeitung

Präzisionsschleifen: Diamantschleifscheibenbearbeitung, Toleranz ±0,02 mm, Rauheit Ra 0,30,8 μm .
Oberflächenverfestigung: Sandstrahlen, Polieren oder Beschichten (TiN , DLC).
Qualitätsprüfung: Härteprüfung (HRA/HV), Gefügeanalyse (REM), Dimensionsmessung (3D-Messgerät), Zerstörungsfreie Prüfung (Ultraschall).

4. Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsszenarien von Hartmetallbolzen

Aufgrund ihrer hervorragenden Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit spielen Hartmetallbolzen in den folgenden Bereichen und Szenarien eine Schlüsselrolle:

4.1 Bergbau und Steinbruchbetrieb

Baggerschaufel: In die Schaufelzähne oder -kanten eingebettet, widersteht Verschleiß durch harte Erze und Gesteine, mit einer Lebensdauer von 3000 - 6000 Stunden, geeignet für Tagebau und Steinbrüche.
Brecherverschleißteile: werden für Hämmer und Auskleidungen von Backen-, Kegel- oder Prallbrechern verwendet, mit einer Verschleißrate von <0,012 mm^3/ N·m und einem Wartungsintervall von 12–24 Monaten.
Gesteinsbohren und Bohrwerkzeuge: Sie werden in Gesteinsbohrern oder Tunnelbohrmaschinen eingesetzt, widerstehen hochfrequenten Stößen und hartem Gesteinsverschleiß und haben eine 46-mal längere Lebensdauer als Stahlbohrer.
Kratzerförderer für den Bergbau: schützt die Kratzer- oder Trogseite vor Verschleiß durch Erz und Kohle, geeignet für den Kohleabbau im Strebbau.

4.2 Bau- und Maschinenbau

Betonpumpen-LKW-Rohrleitung: schützt die Innenwand der Rohrleitung, widersteht der Erosion von Beton, Sand und Kies, hat eine 35-mal längere Lebensdauer als Manganstahl und wird in

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

Hochhäusern verwendet.
Fertigerschaber und -klingen: Widerstehen dem Verschleiß durch Asphaltmischung und Kies und haben eine Lebensdauer von 4.000 bis 7.000 Stunden.
Verschleißfeste Mischerteile: Verbessern Sie die Verschleißfestigkeit von Schaufeln oder Innenwänden, um dem Verschleiß von Sand, Kies und Zement standzuhalten, geeignet für die Transportbetonproduktion.
Planierraupen- und Laderklingen: Schützen die Klingen vor Abnutzung durch Erde und Kies und werden bei Erdbewegungsprojekten verwendet.

4.3 Energie und Leistung

Verschleißteile für Kohlemühlen : Widerstehen dem Verschleiß durch Kohlepulver und hohen Temperaturen von 500–700 °C, mit einer Lebensdauer von 36 Jahren, Verwendung in Kohlekraftwerken.
Aschetransportleitungen und Ventile: beständig gegen Flugascheerosion und Korrosion, wodurch die Wartungskosten um 40 % gesenkt werden.
Schutz des Fundaments von Windkraftanlagen: Widerstand gegen Erosion durch Meerwasser sowie Abnutzung durch Sand und Kies und Verbesserung der Haltbarkeit von Pfahlgründungen für Offshore-Windkraftanlagen.

4.4 Häfen, Terminals und Logistik

Verschleißfeste Teile für Be- und Entladegeräte: werden für Förderbänder, Greifer, Trichter oder Lader verwendet, halten dem Verschleiß von Kohle, Erz und Getreide stand und haben eine Lebensdauer von 24 Jahren.
Kaischutzkonstruktion: eingebettet in Fender, Leitbleche oder Antikollisionsbauteile, beständig gegen Seewasserkorrosion (pH 68), Wartungsintervall 12-18 Monate.
Logistik-Fördersystem: Verbessern Sie die Verschleißfestigkeit von Bandförderern oder Rollen, um den Materialtransport mit hohen Lasten zu bewältigen.

4.5 Metallurgie und chemische Industrie

Verschleißteile für Walzwerke: beständig gegen Metallverschleiß bei hohen Temperaturen und mechanische Einwirkungen, mit einer dreimal längeren Lebensdauer als herkömmliche Materialien, die beim Warm- und Kaltwalzen verwendet werden.
Verschleißfeste Teile von Stahlherstellungsöfen: widerstehen Erosion durch Hochtemperaturschlacke und geschmolzenen Stahl, geeignet für Lichtbogenöfen und Konverter.
Schutz chemischer Geräte: Beständig gegen ätzende Chemikalien und Partikelverschleiß, geeignet für Umgebungen mit einem pH-Wert von 310.

4.6 Land- und Forstwirtschaft

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

Verschleißteile für Landmaschinen: Werden für Pflugscharen, Erntemaschinenklingen oder Sämaschinen verwendet, um die Geräte vor dem Verschleiß durch Erde, Sand und Kies zu schützen. Schutz für Forstgeräte: Widersteht Abrieb durch Holz, Rinde und Sand, geeignet zum Fällen und Verarbeiten.

4.7 Andere besondere Zwecke

Eisenbahn- und Gleiswartung: Wird in Schotternivellierern oder Gleisschleifgeräten verwendet, um Schotter- und Schienenverschleiß entgegenzuwirken.
Meerestechnik: Schützen Sie Unterwasserpipelines, Baggergeräte oder Offshore-Plattformen vor Erosion durch Meerwasser sowie Abrieb durch Sand und Kies.
Luftfahrt- und Militärindustrie: Wird in Start- und Landebahn-Enteisungsmaschinen oder verschleißfesten Teilen von Militärfahrzeugen verwendet, um hohe Zuverlässigkeitsanforderungen zu erfüllen.

5. Vorteile

Ultralange Lebensdauer: Die Lebensdauer wird um das 36-fache verlängert, wodurch Ausfallzeiten und Wartungsaufwand reduziert werden.
Flexible Anpassung: Verschiedene Größen, Formen und Formeln für individuelle Bedürfnisse.
Anpassungsfähigkeit an die Umwelt: verschleißfest, korrosionsbeständig, hochtemperaturbeständig und anpassungsfähig an komplexe Umgebungen.
Grüne Fertigung: Reduzieren Sie den Materialverbrauch und entsprechen Sie den Grundsätzen einer nachhaltigen Entwicklung.

6. Zukünftige Entwicklung

Dank ihrer hohen Härte (HRA 86–92), hervorragenden Zähigkeit (6,5–10 MPa·m^1/2) und extrem langen Lebensdauer (3.000–12.000 Stunden) sind Hartmetallbolzen zu wichtigen verschleißfesten Komponenten in den Bereichen Bergbau, Bauwesen, Energie, Häfen und Docks, Metallurgie, chemische Industrie, Land- und Forstwirtschaft, Eisenbahn, Schiffsbau sowie Luftfahrt und Rüstungsindustrie geworden. Ihre vielfältigen Spezifikationen (Durchmesser 3–60 mm, Länge 5–120 mm, HRA 86–92) und das präzise Pulvermetallurgieverfahren gewährleisten Leistung und Zuverlässigkeit. Intelligente Fertigung (KI-Optimierung, Genauigkeit > 99 %), neue Materialien (Graphenbeschichtung, Reibungskoeffizient 0,05), umweltfreundliche Produktion (Recyclingrate 85 %) und modulares Design werden künftig ihre breite Anwendung in der High-End-Fertigung und nachhaltigen Industrie fördern und so dem effizienten Betrieb von Anlagen und dem industriellen Fortschritt neue Impulse verleihen.

Hartmetallwerkstoffe mit komplexen Geometrien (Matrizen, Düsen)

Hartmetallmaterialien mit komplexen geometrischen Formen: Mehrfach gekrümmte

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

Oberflächen und mikroporöse Strukturen (Porengröße < 0,5 mm)

Überblick über die Grundlagen und Technologien von Hartmetallwerkstoffen für komplexe Geometrien

Hartmetall mit komplexer Geometrie (Matrizen, Düsen) mit mehreren gekrümmten Oberflächen (Krümmungsradius > 0,1 mm ± 0,01 mm) und Mikroporen (Öffnung 0,10,5 mm ± 0,01 mm), hergestellt durch Präzisionspressen (300–500 MPa ± 1 MPa), Sintern (1450 °C ± 10 °C) oder additive Fertigung (SLM, Genauigkeit < 0,1 mm ± 0,01 mm). Oberflächenrauheit Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm .

Zur Ausstattung gehören CNC-Pressen (Genauigkeit ±0,01 mm) und SLM-Drucker (Auflösung <0,1 mm ±0,01 mm). Die Tests umfassen die geometrische Genauigkeit (ISO 1832, Genauigkeit ±0,01 mm) und die Blendenkonsistenz (CT-Scan, Genauigkeit ±0,001 mm). Beispielsweise beträgt die Düsenöffnung der YG6 0,3 mm ±0,01 mm und der Krümmungsradius 0,5 mm ±0,01 mm.

Mechanismusanalyse

von Hartmetallwerkstoffen mit komplexer GeometrieMehrfach Gekrümmte Oberflächen (Krümmungsradius > 0,1 mm ± 0,01 mm) optimieren die Fluiddynamik (Widerstand < 10 N ± 1 N) und Mikroporen (0,3 mm ± 0,01 mm) gewährleisten die Einspritzgenauigkeit (Abweichung < 0,01 mm ± 0,001 mm). Nach dem Sintern beträgt die Korngröße 0,51 μm ± 0,01 μm und die Härte HV 2000 ± 30. Im SEM sind die Porenwände glatt (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm) und weisen keine Risse auf (< 1 μm ± 0,1 μm). Die Computertomographie bestätigt die gleichbleibende Porengröße (Abweichung < 0,01 % ± 0,001 %).

Analyse der Faktoren, die die Leistung von Hartmetallmaterialien mit komplexen Geometrien beeinflussen

Blende: 0,30,5 mm ± 0,01 mm, hohe Präzision; <0,1 mm ± 0,01 mm, Verstopfungsrate erhöht sich um 10 % ± 2 %.

Krümmungsradius: >0,1 mm±0,01 mm, geringer Flüssigkeitswiderstand; <0,05 mm±0,01 mm, Widerstand um 15 %±3 % erhöht.

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , hohe Härte; > 2 μm ± 0,01 μm , Härteabfall um 10 % ± 2 %.

Herstellungsverfahren: SLM, hoher Freiheitsgrad; Pressen, Öffnungsabweichung um 5 % ± 1 % erhöht.

Oberflächenbehandlung: Ra <0,2 μm ± 0,01 μm , Sprühen ist stabil; >0,5 μm ± 0,01 μm , Verschleißrate erhöht sich um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise erhöhte sich die Verstopfungsrate der YG6-Düse (Öffnung 0,1 mm ± 0,01 mm) auf 15 % ± 2 %.

Die Optimierungsstrategie

für Hartmetallwerkstoffe mit komplexen Geometrien besteht darin, einen Lochdurchmesser von 0,10,5 mm ± 0,01 mm und einen Krümmungsradius von > 0,1 mm ± 0,01 mm zu erreichen. Es wird empfohlen:

Optimierung: Öffnung 0,30,5 mm±0,01 mm, Krümmungsradius >0,1 mm±0,01 mm.

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

Fertigungsoptimierung: SLM (Leistung 300400 W ± 10 W), Genauigkeit < 0,1 mm ± 0,01 mm.
Sinteroptimierung: 1450°C±10°C, Korngröße 0,51 μm±0,01 μm .
Oberflächenoptimierung: Polieren Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm , Verschleißrate um 10 % ± 2 % reduziert.
Prüfvorgaben: ISO 1832 (Geometrie), CT-Scan (Blende).
Beispielsweise beträgt die Genauigkeit der YG6-Düse (Öffnung 0,3 mm ± 0,01 mm) < 0,01 mm ± 0,001 mm.

10.6.2.3.2 Leistungsanforderungen: Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,05 mm³/ N·m)

Verschleißfestigkeit von Hartmetall mit komplexer Geometrie – Grundprinzipien und Technologieübersicht

Hartmetall mit komplexer Geometrie (wie Formen, Düsen) erfordert Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m), Härte HV 1800 - 2200±30 und Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr), um hohen Belastungen (>100 MPa±10 MPa) und Flüssigkeitserosion (Fließgeschwindigkeit >10 m/s±1 m/s) standzuhalten. Korngröße 0,51 μm±0,01 μm , Co-Gehalt 6 %10 %±1 %, oft ergänzt mit einer Beschichtung (TiAlN oder Al_2O_3 , Dicke 25 μm±0,1 μm) oder HIP (1400 °C±10 °C, 150 MPa±1 MPa) zur Leistungsoptimierung.
Geprüft werden unter anderem Verschleißfestigkeit (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³/ N·m), Härte (ASTM E92, Belastung 10 kg ±0,1 kg) und Korrosion (ASTM G31, Genauigkeit ±0,001 mm/Jahr). Beispielsweise beträgt die Verschleißrate der YG6-Düse 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m und die Härte HV 2000±30.

Verschleißfestigkeitsmechanismus und -analyse

von Hartmetallmaterialien mit komplexer Geometrie. Feinkornstruktur (0,51 μm ± 0,01 μm) erhöht die Härte HV 2000 ± 30, Co (8 % ± 1 %) bietet Zähigkeit $K_{ı}$ c 1215 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, TiAlN-Beschichtung (Reibungskoeffizient < 0,3 ± 0,05) verringert die Verschleißrate (0,04 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m). HIP beseitigt Poren (Porosität < 0,1 % ± 0,01 %) und verbessert die Korrosionsbeständigkeit (< 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr). SEM zeigt, dass die abgenutzte Oberfläche glatt ist (Verschleißnarbentiefe < 0,01 mm ± 0,001 mm) und kein Abblättern vorliegt (Defekte < 0,01 mm ± 0,001 mm). XPS bestätigt die Beschichtungszusammensetzung (Ti 2p~459 eV±0,1 eV). Verschleißtests zeigen, dass YG6TiAlN unbeschichtetem YG6 überlegen ist (Verschleißrate 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse von Faktoren, die die Verschleißfestigkeit von Hartmetallmaterialien mit komplexer Geometrie beeinflussen

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 2 μm ± 0,01 μm , Verschleißrate erhöht sich um 15 % ± 3 %.
Co-Gehalt: 6 % 10 % ± 1 %, gute Zähigkeit; > 12 % ± 1 %, Härte sinkt um 10 % ± 2 %.
Beschichtungsdicke: 25 μm ± 0,1 μm , Verschleißfestigkeit erhöht sich um 30 % ± 5 %; > 10 μm ± 0,1 μm , Ablöserate erhöht sich um 15 % ± 3 %.
Porosität: <0,1 % ± 0,01 %, stabile Leistung; >0,5 % ± 0,01 %, Verschleißrate steigt um 10 % ±

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

2 %.

Flüssigkeitsumgebung: neutral (pH 68 ± 0,1), weniger Korrosion; sauer (pH < 3 ± 0,1), Korrosionsrate steigt um 20 % ± 3 %.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate von YG6 (unbeschichtet) auf 0,06 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

Die Strategie zur Optimierung der Verschleißfestigkeit von Hartmetallwerkstoffen mit komplexen Geometrien besteht darin, eine Verschleißrate von <0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m und eine Härte von HV 1800 - 2200±30 zu erreichen. Es wird empfohlen:

Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).

Co-Optimierung: 6 % 10 % ± 1 %, Ausgleich von Härte und Zähigkeit.

Beschichtungsoptimierung: TiAlN oder Al_2O_3 (25 μm±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 30 %±5 % erhöht.

HIP-Optimierung: 1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa, Porosität < 0,1 % ± 0,01 %.

Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Abriebfestigkeit), ASTM E92 (Härte).

Beispielsweise beträgt die Verschleißrate von YG6TiAlN (HIP, 2 μm±0,1 μm) 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

10.6.2.3.3 Anwendung: Hartmetall-Präzisionsformen mit komplexer Geometrie und Flüssigkeitskontrolle

Grundprinzipien und technischer Überblick zu Präzisionsformen aus Hartmetall mit komplexer Geometrie

Hartmetall mit komplexer Geometrie wird aufgrund seiner Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,05 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m) und hohen Präzision (< 0,01 mm ± 0,001 mm) häufig in Präzisionsformen (Lebensdauer > 10^6-mal ± 10^5-mal) und Flüssigkeitssteuerdüsen (Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden) verwendet. YG6 und YG8 eignen sich für Stanzwerkzeuge und Hochdruckdüsen (Druck > 100 MPa ± 10 MPa).

Die Tests umfassen die Lebensdauer der Form (ISO 3327, Genauigkeit ±10^4-fach), die Düsenleistung (ISO 1832, Genauigkeit ±0,01 mm) und den Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³/ N·m). Beispielsweise beträgt die Lebensdauer der Form YG6 1,2 Millionen Mal ±100.000 Mal und die Verschleißrate der Düse YG8 beträgt 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

Mechanismus und Analyse

komplexer geometrischer Präzisionsformen aus Hartmetall. Hohe Härte (HV 2000 ± 30) und geringe Porosität (<0,1 % ± 0,01 %) gewährleisten die Beständigkeit der Form gegen Verformung (Dehnung <0,01 % ± 0,001 %), und die mikroporöse Struktur (0,3 mm ± 0,01 mm) gewährleistet die Einspritzgenauigkeit der Düse (Abweichung <0,01 mm ± 0,001 mm). Eine Beschichtung (Al_2O_3 , 2 μm ± 0,1 μm) verbessert die Korrosionsbeständigkeit (<0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr). SEM zeigt, dass die Formoberfläche gleichmäßig abgenutzt ist (Tiefe <0,01 mm ± 0,001 mm) und die Düsenlochwand glatt ist (Ra <0,2 μm ± 0,01 μm).

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

Verschleißtests zeigen, dass die Düse YG8 der Düse YG6 überlegen ist (Verschleißrate 0,05 $mm^3/N·m$±0,01 mm^3/ N·m).

komplexe geometrische Formen von Hartmetall-Präzisionsformen

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , lange Lebensdauer; > 2 μm ± 0,01 μm , Verschleißrate steigt um 10 % ± 2 %.

Beschichtung: Al_2O_3 , ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit; ohne Beschichtung erhöht sich die Korrosionsrate um 20 % ± 3 %.

Blendengenauigkeit: <0,01 mm ± 0,001 mm, stabiles Strahlen; >0,05 mm ± 0,01 mm, Abweichung erhöht sich um 15 % ± 3 %.

Arbeitsdruck: >100 MPa±10 MPa, hohe Härte erforderlich; <50 MPa±10 MPa, Zähigkeit bevorzugt.

Umgebung: Neutrale Flüssigkeit, lange Lebensdauer; sauer, Lebensdauer um 15 % ± 3 % reduziert.

Beispielsweise reduziert sich die Lebensdauer einer YG6-Düse (ohne Beschichtung) auf 8000 Stunden ± 1000 Stunden.

Für Hartmetall-Präzisionsformen mit komplexer Geometrie

ist eine Formlebensdauer von $>10^6$ ±10^5 und eine Düsenlebensdauer von $>10^4$ Stunden ±10^3 Stunden erforderlich. Es wird empfohlen:

Materialoptimierung: YG8, Körnung 0,51 μm±0,01 μm , Co 8%10%±1%.

Beschichtungsoptimierung: Al_2O_3 (25 μm±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 30 %±5 % erhöht.

Fertigungsoptimierung: SLM oder Präzisionsschleifen, Genauigkeit <0,01 mm±0,001 mm.

HIP-Optimierung: 1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa, Porosität < 0,1 % ± 0,01 %.

Prüfspezifikationen: ISO 3327 (Werkzeuglebensdauer), ASTM G65 (Verschleiß).

Anwendung im Präzisionsformenbau mit komplexer Geometrie aus Hartmetall

Stanzform: YG6 (Härte HV 2000±30), Lebensdauer 1,2 Millionen Mal±100.000 Mal.

Hochdruckdüse: YG8 (Verschleißrate 0,04 $mm^3/N·m$±0,01 mm^3/ N·m), Lebensdauer 15.000 Stunden±1.000 Stunden.

Flüssigkeitsventil: YG6 (Genauigkeit <0,01 mm ± 0,001 mm) Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden.

Diese Anwendungen zeigen, dass komplexe Geometrien den Präzisionsanforderungen gerecht werden.

10.6.2.4 Anpassung von Hartmetall mit komplexen geometrischen Formen und nicht standardmäßigen Formen

Hartmetall mit komplexen Geometrien: Additive Fertigung und Präzisionsschleifen

Grundlagen und Technologieübersicht

von Hartmetall mit komplexer GeometrieCustomized und Hartmetall in nicht standardmäßiger Form wird durch additive Fertigung (SLM, Leistung 300 – 400 W ± 10 W; Binder Jetting,

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

Schichtdicke 50 – 100 μm ± 1 μm) oder Präzisionsschleifen (Schleifscheibengenauigkeit < 1 μm ± 0,1 μm) hergestellt, um die Anforderungen an komplexe Geometrie (Freiheitsgrad > 95 % ± 2 %) und hohe Präzision (< 0,01 mm ± 0,001 mm) zu erfüllen. Korngröße 0,52 μm ± 0,01 μm , Co-Gehalt 6 % 12 % ± 1 %.

Zur Ausstattung gehören ein SLM-Drucker (Auflösung <0,1 mm ± 0,01 mm) und eine fünfachsige CNC-Schleifmaschine (Genauigkeit ± 0,001 mm). Die Prüfungen umfassen die geometrische Genauigkeit (ISO 1832, Genauigkeit ± 0,01 mm) und die Oberflächengüte (ISO 4287, Genauigkeit ± 0,001 μm).

Beispielsweise beträgt die Genauigkeit des YG8-Sonderwerkzeugs <0,01 mm±0,001 mm und die Oberflächenrauheit Ra <0,2 μm±0,01 μm .

Mechanismus und Analyse

der komplexen Geometrie: SLM aus Hartmetall bildet durch Laserschmelzen (Schmelzbadtiefe 100 - 200 μm ± 10 μm) komplexe Strukturen (Krümmungsradius > 0,1 mm ± 0,01 mm) , und Präzisionsschleifen gewährleistet eine glatte Oberfläche (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm). Nach dem Sintern beträgt die Dichte > 98 % ± 0,1 % und die Härte HV 1800 ± 30. SEM zeigt, dass die Körner der SLM-Teile gleichmäßig sind (0,52 μm ± 0,01 μm) und die geschliffene Oberfläche keine Risse aufweist (< 1 μm ± 0,1 μm). CT-Scans bestätigen, dass die inneren Defekte < 0,01 mm ± 0,001 mm sind. Genauigkeitstests zeigen, dass SLM besser ist als herkömmliches Pressen (Abweichung < 0,1 mm ± 0,01 mm).

Analyse von Faktoren, die komplexe geometrische Formen von Hartmetall beeinflussen

Druckleistung: 300 – 400 W ± 10 W, hohe Dichte; < 200 W ± 10 W, Porosität um 10 % ± 2 % erhöht.
Schichtdicke: 50 - 80 μm±1 μm , ausgezeichnete Genauigkeit; >100 μm±1 μm , Abweichung erhöht sich um 10%±2%.
Korngröße: 0,52 μm ± 0,01 μm , ausgewogene Leistung; > 5 μm ± 0,01 μm , Härteabfall um 10 % ± 2 %.
Schleifgenauigkeit: <1 μm±0,1 μm , gute Oberflächenqualität; >5 μm±0,1 μm , Verschleißrate steigt um 10 %±2 %.
Nachbehandlung: HIP, Porosität verringert sich um 10 %±2 %; ohne HIP erhöht sich die Defektrate um 15 %±3 %.
Beispielsweise reduziert sich die Genauigkeit von YG8 (Schichtdicke 120 μm ± 1 μm) auf 0,05 mm ± 0,01 mm.

Die Optimierungsstrategie

für Hartmetall mit komplexer Geometrie besteht darin, eine Genauigkeit von <0,01 mm±0,001 mm und Ra <0,2 μm±0,01 μm zu erreichen . Es wird empfohlen:
SLM-Optimierung: Leistung 300 – 400 W ± 10 W, Schichtdicke 50 – 80 μm ± 1 μm .
Schleifoptimierung: Genauigkeit <1 μm±0,1 μm , Schleifscheibendrehzahl 5000 – 8000 U/min±100 U/min.
Kornkontrolle: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).

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

Nachbehandlung: HIP (1400°C±10°C, 150 MPa±1 MPa), Dichte >99%±0,1%.
Prüfvorschriften: ISO 1832 (Geometrie), ISO 4287 (Oberfläche).
Beispielsweise beträgt die Genauigkeit von YG8SLM (HIP) <0,01 mm±0,001 mm und Ra <0,2 µm±0,01 µm .

10.6.2.4.2 Komplexe Geometrie beeinflusst die Leistung von Hartmetall: geometrische Genauigkeit <10 µm , Oberflächenrauheit Ra <0,2 µm

Grundprinzipien und technischer Überblick
über Hartmetall mit komplexer Geometrie. Maßgeschneidertes Hartmetall erfordert eine geometrische Genauigkeit von <10 µm±1 µm , eine Oberflächenrauheit Ra <0,2 µm±0,01 µm , eine Härte HV 1600 – 2000±30, eine Zähigkeit K_{1} c 1015 MPa·$m^{1/2}$±0,5 und muss die Anforderungen der Luft- und Raumfahrt (Genauigkeit von <0,01 mm±0,001 mm) sowie medizinischer Geräte (Lebensdauer von >10^{4}-mal±10^{3}-mal) erfüllen. Korn 0,52 µm±0,01 µm , Co 6 %12 %±1 %.

Die Tests umfassen Genauigkeit (3D-Scan, Genauigkeit ±0,001 mm), Oberflächenrauheit (ISO 4287, Genauigkeit ±0,001 µm) und Leistung (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm^{3}/ N·m). Beispielsweise hat das kundenspezifische Teil YG8 eine Genauigkeit von 8 µm±1 µm und Ra 0,15 µm±0,01 µm .

Mechanismus und Analyse
Hohe Präzision (<10 µm±1 µm) wird durch SLM-Schicht-für-Schicht-Formen (Schichtdicke 50 µm±1 µm) und Schleifen (Präzision <1 µm±0,1 µm) erreicht, niedriger Ra (<0,2 µm±0,01 µm) verringert die Reibung (Reibungskoeffizient <0,3±0,05). Feine Körner (0,52 µm±0,01 µm) gewährleisten Härte HV 1800±30 und Co (10 %±1 %) verbessert Zähigkeit K_{1} c 12 MPa·$m^{1/2}$±0,5. SEM zeigt, dass die Oberfläche glatt ist (Verschleißspuren <0,01 µm±0,001 µm) und keine Mikrorisse vorhanden sind (<0,01 mm±0,001 mm). 3D-Scanning bestätigt eine Genauigkeit von 8 µm±1 µm , was besser ist als die herkömmliche Verarbeitung (20 µm±2 µm).

Analyse der Einflussfaktoren
Genauigkeit: <10 µm±1 µm , hervorragende Leistung; >20 µm±2 µm , Verschleißrate erhöht sich um 10 %±2 %.
Ra: <0,2 µm±0,01 µm , geringe Reibung; >0,5 µm±0,01 µm , Verschleißrate steigt um 15 %±3 %.
Korngröße: 0,52 µm ± 0,01 µm , hohe Härte; > 5 µm ± 0,01 µm , Härteabfall um 10 % ± 2 %.
Co-Gehalt: 6 % 12 % ± 1 %, gute Zähigkeit; < 6 % ± 1 %, K_{1} c nimmt um 10 % ± 2 % ab.
Herstellungsverfahren: SLM, hohe Präzision; Pressen, Abweichungserhöhung 10 % ± 2 %.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate von YG8 (Ra 0,5 µm±0,01 µm) auf 0,06 mm^{3}/N·m±0,01 mm^{3}/ N·m .

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Genauigkeit von <10 µm±1 µm und Ra<0,2 µm±0,01 µm zu erreichen .

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

Folgendes wird empfohlen:
SLM-Optimierung: Leistung 300 – 400 W ± 10 W, Schichtdicke 50 – 80 μm ± 1 μm .
Schleifoptimierung: Genauigkeit <1 μm±0,1 μm , Ra <0,2 μm±0,01 μm .
Kornoptimierung: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC hinzugefügt (0,2 % ± 0,01 %).
Co-Optimierung: 6 % 12 % ± 1 %, ausgewogene Leistung.
Prüfspezifikationen: 3D-Scanning (Genauigkeit), ISO 4287 (Oberfläche).

Beispielsweise beträgt die Genauigkeit von YG8 (SLM, Schleifen) 8 μm±1 μm , Ra 0,15 μm±0,01 μm .

10.6.2.4.3 Anwendungen von Hartmetall mit komplexer Geometrie: Luft- und Raumfahrt sowie medizinische Geräte

Grundlagen und TechnologieübersichtCustomized Hartmetall eignet sich
aufgrund seiner Genauigkeit von <10 μm ± 1 μm und Ra <0,2 μm ± 0,01 μm für die Luft- und Raumfahrt (Turbinenschaufelformen, Lebensdauer > 10^5-mal ± 10^4-mal) und medizinische Geräte (Knochenbohrer, Lebensdauer > 10^4 -mal ± 10^3- mal) . YG8 und YG10 erfüllen die Anforderungen an eine hohe Zuverlässigkeit (Ermüdungslebensdauer > 10^6-mal ± 10^5-mal).

Die Tests umfassen Lebensdauer (ISO 3327, Genauigkeit ±10^4-fach), Genauigkeit (3D-Scanning, Genauigkeit ±0,001 mm) und Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ N·m). Beispielsweise beträgt die Lebensdauer eines YG8-Knochenbohrers 12.000 ±1.000-fach und die Genauigkeit einer Flugzeugform liegt bei <10 μm ±1 μm .

Mechanismus und Analyse
Hohe Präzision (<10 μm±1 μm) gewährleistet die Passung von Flugzeugformen (Spalt <0,01 mm±0,001 mm) und niedriger Ra (0,15 μm±0,01 μm) verringert die Reibung von medizinischen Geräten (<0,1 N±0,01 N). Härte HV 1800±30 und Zähigkeit K_{IC} 12 MPa·$m^{1/2}$±0,5 widerstehen hochfrequenten Vibrationen (>10 Hz±1 Hz). SEM zeigt, dass die Oberfläche des Knochenbohrers glatt ist (Verschleißspuren <0,01 μm±0,001 mm) und die Form keine Risse aufweist (<0,01 mm±0,001 mm).

Verschleißtests zeigen, dass die Verschleißrate von YG8 0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m beträgt und damit besser ist als die von YG6 (0,06 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m).

Analyse der Einflussfaktoren
Genauigkeit: <10 μm±1 μm , lange Lebensdauer; >20 μm±2 μm , Ausfallrate steigt um 10 %±2 %.
Ra: <0,2 μm±0,01 μm , geringe Reibung; >0,5 μm±0,01 μm , Verschleißrate steigt um 15 %±3 %.
Korngröße: 0,52 μm ± 0,01 μm , hervorragende Leistung; > 5 μm ± 0,01 μm , Lebensdauer um 10 % ± 2 % reduziert.
Belastung: Bei hohen Frequenzen (>10 Hz±1 Hz) ist Zähigkeit erforderlich, bei niedrigen Frequenzen ist Härte vorzuziehen.

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

Umgebung: Steril (medizinisch), lange Lebensdauer; ätzend, Lebensdauer um 15 % ± 3 % reduziert. Beispielsweise wird die Lebensdauer eines YG6-Knochenbohrers (Ra 0,5 μm±0,01 μm) auf das 8000±1000-fache reduziert.

Die Optimierungsstrategie
für Hartmetall mit komplexer Geometrie besteht darin, eine Lebensdauer von $>10^4$ x $\pm10^3$ x und eine Genauigkeit von <10 μm ±1 μm zu erreichen . Es wird empfohlen:
Materialoptimierung: YG8, Körnung 0,52 μm±0,01 μm , Co 8%12%±1%.
SLM-Optimierung: Leistung 300400 W ± 10 W, Genauigkeit < 10 μm ± 1 μm .
Oberflächenoptimierung: Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm , Verschleißrate um 10 % ± 2 % reduziert.
HIP-Optimierung: 1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa, Porosität < 0,1 % ± 0,01 %.
Prüfspezifikationen: ISO 3327 (Lebensdauer), 3D-Scanning (Genauigkeit).

Technische Anwendungen von Hartmetall mit komplexer Geometrie

Hartmetall-Flugzeugform
YG8 (Genauigkeit <10 μm±1 μm) Lebensdauer: 120.000-mal±10.000-mal.
Hartmetall-Knochenbohrer
YG10 (Ra 0,15 μm±0,01 μm) Lebensdauer: 12.000-mal±1.000-mal.
Hartmetall-Turbinenteile
YG8 (Verschleißrate 0,05 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) Lebensdauer > 10^5-fach ± 10^4-fach.
Diese Anwendungen zeigen, dass maßgeschneiderte Legierungen hohe Präzisionsanforderungen erfüllen.

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

Arten von nicht standardmäßigen Hartmetallprodukten mit komplexen Geometrien

Produktname	englischer Name	beschreiben
Fünfeckige Hartmetallplatte	Fünfeckige Hartmetallplatte	Fünfeckiger Querschnitt, Kantenlänge 5 - 100 ± 0,1 mm, Oberfläche poliert (Rauheit Ra < 0,10,2 µm ± 0,01 µm), mit Kerbe (Radius 13 ± 0,1 mm).
Sechseckige Hartmetallplatte	Sechseckige Hartmetallplatte	Sechseckiger Querschnitt, Länge jeder Seite 5 – 80 ± 0,1 mm, Dicke 120 ± 0,05 mm, Kanten können angefast werden (Radius 0,20,5 ± 0,05 mm).
Siebeneckige Hartmetall-Sonderformplatte	Siebeneckige Hartmetallplatte	Siebeneckiger Querschnitt, Kantenlänge 10 – 60 ± 0,1 mm, glatte Oberfläche, optional mit Mittelloch (Durchmesser 210 ± 0,01 mm).
Achteckige Hartmetallplatte	Achteckige Hartmetallplatte	Achteckiger Querschnitt, Länge jeder Seite 5 – 50 ± 0,1 mm, Dicke 215 ± 0,05 mm, mit gebogenen Kanten (Radius 515 ± 0,1 mm).
Fünfeckiger Stab aus Hartmetall	Fünfeckiger Stab aus Hartmetall	Fünfeckiger Querschnitt, jede Seitenlänge 220±0,1 mm, Länge 10 - 300±0,5 mm, Oberfläche poliert (Rauhigkeit Ra<0,2µm±0,01µm).
Sechskant-Hartmetallstäbe	Sechskantstab aus Hartmetall	Sechseckiger Querschnitt, Kantenlänge 215±0,1 mm, Länge 20 – 400±0,5 mm, optional mit Nut (Nutbreite 0,53±0,1 mm).
Siebeneckiger Hartmetallstab	Siebeneckiger Stab aus Hartmetall	Siebeneckiger Querschnitt, Länge jeder Seite 312±0,1 mm, Länge 10200±0,5 mm, Geradheit <0,05 mm/m±0,01 mm.
Achteckiger Hartmetallstab	Achteckiger Stab aus Hartmetall	Achteckiger Querschnitt, Kantenlänge 210±0,1 mm, Länge 10250±0,5 mm, mit Keilnut (Radius 12±0,1 mm).
Dreieckige Hartmetallplatte	Dreieckige Hartmetallplatte	Dreieckiger Querschnitt, Länge jeder Seite 10100±0,1 mm, Dicke 115±0,05 mm, Ecken können abgerundet werden (Radius 0,52±0,1 mm).
Viereckige Hartmetallplatte (nicht rechteckig)	Vierseitige Hartmetallplatte (nicht rechteckig)	Unregelmäßiges Trapez (z. B. Trapez, Parallelogramm), Seitenlänge 10120±0,1 mm, Dicke 220±0,05 mm.
Hartmetall-Dreiecksstab	Dreieckiger Stab aus Hartmetall	Dreieckiger Querschnitt, jede Seitenlänge 315±0,1 mm, Länge 20300±0,5 mm, glatte Oberfläche.
Viereckiger Hartmetallstab (nicht quadratisch)	Viereckiger Stab aus Hartmetall (nicht quadratisch)	Unregelmäßiger trapezförmiger Querschnitt, jede Seitenlänge 212±0,1 mm, Länge 10200±0,5 mm.
Hartmetall-Trapezplatte	Trapezförmige Hartmetallplatte	Die obere Basis ist kurz, die untere Basis ist lang und die Seiten sind geneigt (Winkel 5°30°±1°).
Hartmetall-Spiralstab	Spiralstab aus Hartmetall	Spiralförmige Oberflächennut (Nuttiefe 0,53±0,1 mm, Spiralwinkel 15°45°±1°) oder inneres spiralförmiges Kühlloch (Lochdurchmesser 0,35±0,01 mm).
Hartmetall-Stufenstange	Stufenstab aus Hartmetall	Mehrstufige Durchmesseränderung (Übergangsradius 0,52±0,1 mm).
Gebogene Hartmetallplatte	Gebogene Hartmetallplatte	Kugeloberfläche, Paraboloberfläche, Freiformoberfläche (Krümmungsradius 5100±0,1 mm).
Poröse Hartmetallplatte	Lochplatte aus Hartmetall	Porös (Lochdurchmesser 0,510 ± 0,01 mm, Durchgangsloch oder Sackloch, Lochabstandstoleranz ± 0,02 mm).
Geometrische Teile aus	Teil mit Hartmetall-	Platten- und Stabverbindung, Mosaikstruktur, eingebetteter Kühlkanal

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
Hartmetallverbundwerkstoffen	Verbundgeometrie	(Durchmesser 15±0,1 mm).
Hartmetall-Mikrostrukturen	Mikrostrukturiertes Hartmetallteil	Mikrorillen (Breite 0,050,5±0,01 mm), Mikrolöcher (Durchmesser 0,010,1±0,005 mm) und Mikronoppen (Höhe 0,11±0,01 mm).
Dünnwandige Rohrteile aus Hartmetall	Dünnwandiges Hartmetallrohr	Wandstärke 0,22 ± 0,02 mm, mit Innen-/Außengewinde (Steigung 0,52 ± 0,01 mm) oder Sonderquerschnitt.
Hartmetall-Wellplatte	Wellplatte aus Hartmetall	Periodisch gewellte Oberfläche (Wellenkammhöhe 0,55±0,1 mm, Wellenlänge 220±0,1 mm).
Wabenplatte aus Hartlegierung	Hartmetall-Wabenplatte	Sechseckige oder kreisförmige Wabenlochanordnung (Porendurchmesser 110±0,1 mm, Wandstärke 0,21±0,05 mm).
Konische Hartmetallstäbe	Konischer Stab aus Hartmetall	Konischer Abschnitt (Kegelwinkel 1°20°±0,5°), die Stirnfläche kann Rillen oder Löcher aufweisen.
Hartmetallgewebeteile	Hartmetall-Netzteil	Gitterstruktur (Gitteröffnung 0,55±0,1 mm, Linienbreite 0,22±0,05 mm).
Hartmetall-Kugelteile	Kugelförmiges Teil aus Hartmetall	Vollkugel oder Teilkugel (Durchmesser 5100±0,1 mm, Oberflächenrauheit Ra<0,1 μm±0,01 μm).
Hohlformteile aus Hartmetall	Hohlformteil aus Hartmetall	Der innere Hohlraum (Wandstärke des Hohlraums 0,55 ± 0,1 mm) kann eine polygonale oder gekrümmte Form aufweisen.
Hartmetall-Klingenteile	Hartmetallklingenförmiges Teil	Dünnwandige Schaufeln (Dicke 0,33 ± 0,05 mm) mit Drallwinkel (0°60°±1°) oder komplexem Profil.
Hartmetall-Zahnradteile	Zahnradförmiges Teil aus Hartmetall	Außen- oder Innenverzahnung (Modul 0,55±0,05, Zahnhöhe 0,510±0,1 mm), mit speziell geformten Löchern.
Hartmetall-Kettenteile	Kettengliedteil aus Hartmetall	Durchgehende Glieder (Teilung 550 ± 0,1 mm) mit Scharnierlöchern oder Schlitzen.
Hartmetall-Hohlschnitzteile	Durchbrochenes geschnitztes Teil aus Hartmetall	Komplexes durchbrochenes Muster (Linienbreite 0,12±0,05 mm).
Hartmetallringe	Ringteil aus Hartmetall	Ringstruktur (Innendurchmesser 5200±0,1mm, Außendurchmesser 10300±0,1mm), mit Zähnen oder Rillen.
Hartmetall-Spiralrohrverschraubungen	Spiralrohr aus Hartmetall	Rohrförmig, mit Spiralmuster auf Innen- und Außenflächen (Teilung 110±0,1 mm), Wandstärke 0,55±0,05 mm.
Hartmetall-Polyederteile	Polyederteil aus Hartmetall	Polyederform (z. B. Tetraeder, Oktaeder), Kanten können abgeschrägt sein (Radius 0,11±0,05 mm).
Hartmetall-Wellstab	Wellenstab aus Hartmetall	Zylindrisch, mit periodischen Wellen auf der Oberfläche (Wellenhöhe 0,22±0,1 mm, Wellenlänge 110±0,1 mm).
Hartmetall-Kombinationsplatten	Modularer Hartmetalleinsatz	Verschiedene geometrische Kombinationen (z. B. zylindrische eingebettete polygonale Platten) mit Mikrolöchern oder Schlitzen (Öffnung 0,12 ± 0,01 mm).
Hartmetall-Standarddichtring	Standard-Dichtungsring aus Hartmetall	Kreisförmige Form, präziser Innen- und Außendurchmesser (Innendurchmesser 5150±0,05 mm, Außendurchmesser 10200±0,05 mm).

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
Hartmetall-Sonderformdichtring	Hartmetall-Dichtungsring	Ovaler oder rechteckiger Querschnitt, mit Nut (Nutbreite 0,53±0,1 mm) oder Noppe (Höhe 0,22±0,05 mm).
- Mehrstufendichtring	Mehrstufiger Dichtring aus Hartmetall	Mehrschichtige ringförmige Struktur, jede Schicht ist 0,55 ± 0,05 mm dick, mit Mikrolöchern (Porendurchmesser 0,11 ± 0,01 mm).
Hartmetall-Keilwellenteile	Hartmetall-Keilwellenteil	Zylindrisch, mit Keilverzahnung auf der Oberfläche (Schlüsselweite 110±0,1 mm, Schlüsselzahl 420±1).
Hartmetallnocken	Nockenteil aus Hartmetall	Nicht kreisförmiges Profil (zB Ellipse, exzentrischer Kreis) mit Vorsprüngen (Höhe 110 ± 0,1 mm) oder Rillen (Tiefe 0,55 ± 0,1 mm).
Flaschenförmige Teile aus Hartmetall	Flaschenförmiges Teil aus Hartmetall	Dünner Hals und breiter Körper (Halsdurchmesser 520±0,1 mm, Körperdurchmesser 20100±0,1 mm), mit innerem Hohlraum oder Gewinde.
Hartmetall-Sternteile	Sternförmiges Teil aus Hartmetall	Sternförmiger Querschnitt (312 Spitze, Spitzenradius 0,52 ± 0,1 mm), Länge 10200 ± 0,5 mm.
Hartmetallgabel	Gabelteil aus Hartmetall	Bei Gabeln (Gabelbreite 220±0,1mm, Gabeltiefe 550±0,1mm) können die Enden Löcher oder Nuten aufweisen.
Hartmetall-Kuppelteile	Gewölbtes Teil aus Hartmetall	Halbkugelförmige oder ellipsoidische Oberseite (Höhe oben 550±0,1 mm, Durchmesser unten 10100±0,1 mm).
Hartmetallschlange	Serpentinenteil aus Hartmetall	Serpentinenförmig biegen (Krümmungsradius 550 ± 0,1 mm, Steigung 10100 ± 0,1 mm).
Optische Formteile aus Hartmetall	Optisches Formteil aus Hartmetall	Asphärische Oberfläche (Krümmungsradius 250±0,05 mm), Oberflächenrauheit Ra<0,02μm±0,005μm.
Formen für medizinische Implantate aus Hartmetall	Form für medizinische Implantate aus Hartmetall	Dünnwandig (Wandstärke 0,11±0,01 mm), mit Mikroporen (Porendurchmesser 0,050,5±0,01 mm).
Hartmetall-Mikrofluid-Chip-Form	Mikrofluidische Chipform aus Hartmetall	Mikrorillen-Array (Rillenbreite 0,020,2±0,005 mm, Rillentiefe 0,050,5±0,01 mm).
Hartmetall-Hochtemperaturdüsenteile	Hartmetall - Hochtemperaturdüse	Konisch oder porös (Porengröße 0,12±0,01 mm), Temperaturbeständigkeit >1200°C±10°C.
Flexibler Robotergreifer aus Hartmetall	Flexible Greifklaue aus Hartmetall	Gebogene Krallenform (Krallendicke 0,53±0,05 mm, Krümmungsradius 520±0,1 mm).
Hartmetallform für akustische Geräte	Hartmetallform für akustische Geräte	Komplexe Kavität (Kavitätstiefe 220±0,1 mm, Wandstärke 0,22±0,05 mm).
Batteriepolstückform aus Hartlegierung	Hartmetall-Batterieelektrodenform	Poröse dünne Platte (Porendurchmesser 0,11 ± 0,01 mm, Porenabstand 0,55 ± 0,05 mm).
Hartmetall-3D-Druckrohlinge	Hartmetall-3D-Druckrohling	Hohlgitter (Rostbreite 0,53 ± 0,1 mm).
Hartmetall-Ventileinsatz	Ventileinsatz aus Hartmetall	Kugelförmig oder kegelförmig (Durchmesser 550 ± 0,05 mm) mit Mikrorillen (Rillenbreite 0,11 ± 0,01 mm).
Hartmetall-Pumpenkörperauskleidung	Pumpenauskleidung aus Hartmetall	Gebogen oder porös (Porengröße 0,55 ± 0,01 mm), korrosionsbeständig (Korrosionsrate < 0,005 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr).

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
Hartmetalllagersatz	Hartmetall-Lagerhülse	Ringförmig oder mehrteilig (Innendurchmesser 10100±0,05 mm, Wandstärke 110±0,05 mm).
Hartmetall-Gewindebefestigungen	Gewindebefestigung aus Hartmetall	Schrauben- oder Mutternform (Steigung 0,53 ± 0,01 mm) mit speziell geformtem Kopf (sechskant, sternförmig).
Hartmetallnietbefestigungen	Nietbefestigung aus Hartmetall	Zylindrisch oder konisch (Durchmesser 220 ± 0,05 mm, Länge 550 ± 0,1 mm).
Hartmetall-Schnappaufsätze	SnapFit- Aufsatz aus Hartmetall	Haken- oder Krallenform (Hakenbreite 110±0,1 mm, Krallendicke 0,53±0,05 mm).
Hartmetall-Passstift-Zubehör	Ausrichtungsstift aus Hartmetall	Zylindrisch oder gestuft (Durchmesser 220 ± 0,01 mm, Länge 5100 ± 0,5 mm).
Zubehör für Hartmetall-Unterlegscheiben	Dichtungsaufsatz aus Hartmetall	Dünner Ring oder Sonderform (Dicke 0,15±0,01 mm, maximaler Durchmesser 10200±0,1 mm).
Zubehör für Hartmetall-Sandstrahldüsen	Sandstrahldüse aus Hartmetall	Konisch oder porös (Porengröße 0,25 ± 0,01 mm), verschleißfest (Lebensdauer > 1000 Stunden ± 100 Stunden).
Hartmetall-Schneidradteile	Hartmetall-Schneidrad	Rundriemenzähne (Zahnhöhe 0,55±0,1 mm, Zahnteilung 110±0,1 mm).
Hartmetall-Extrusionsdüsenteile	Hartmetall-Extrusionsdüse	Mehrfachlöcher oder speziell geformte Hohlräume (Porengröße 0,510 ± 0,01 mm).
Zubehör für Hartmetall-Sensorgehäuse	Sensorgehäuse aus Hartmetall	Hohlprofil (Wandstärke 0,32±0,05 mm) mit Mikroporen (Porendurchmesser 0,11±0,01 mm).
Hartmetall-Windblattform	Hartmetallform für Windturbinenblätter	Gebogene Klingenform (Dicke 110±0,05 mm, Krümmungsradius 10100±0,1 mm).
Zubehör für Hartmetall-Textilnadeln	Textilnadel aus Hartmetall	Schlank und konisch (Durchmesser 0,55 ± 0,01 mm, Länge 1050 ± 0,5 mm).
Form für Mikrowellengeräte aus Hartmetall	Form für Mikrowellengeräte aus Hartmetall	Komplexe Kavität (Kavitätstiefe 110±0,1 mm, Wandstärke 0,22±0,05 mm).
Kernreaktorauskleidungen aus Hartmetall	Kernreaktorauskleidung aus Hartmetall	Poröse oder gewölbte Oberfläche (Porengröße 0,55±0,01 mm), hochtemperaturbeständig (>1000°C±10°C).
Teile für Raketendüsen aus Hartmetall	Raketendüse aus Hartmetall	Konisch oder porös (Porengröße 0,23 ± 0,01 mm), hitzebeständig (> 1500 °C ± 10 °C).
Hartmetall-Drahtziehsteine	Hartmetall-Drahtziehstein	Runde oder speziell geformte Löcher (Öffnung 0,0110 ± 0,005 mm), Innenwand poliert (Rauhigkeit Ra < 0,05 µm ± 0,01 µm).
Laschenform für neue Energiebatterien aus Hartlegierung	Hartmetall-Batterielaschenform	Die dünne Platte weist Mikrorillen auf (Rillenbreite 0,050,5±0,01 mm, Rillentiefe 0,11±0,01 mm).
Membranform aus Hartlegierung für neue Energiebatterien	Hartmetall-Batterietrennform	Multi-Well-Platte (Porengröße 0,020,2±0,005 mm, Porenabstand 0,11±0,01 mm).
Stanzform für das Gehäuse einer neuen Energiebatterie aus Hartlegierung	Stanzmatrize für Batteriegehäuse aus Hartmetall	Speziell geformter Hohlraum (Hohlraumtiefe 220±0,1 mm, Wandstärke 0,22±0,05 mm).

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
Hartmetall-UAV-Propellerform	Form für Drohnenpropeller aus Hartmetall	Gebogene Klinge (Dicke 0,55±0,05 mm, Krümmungsradius 550±0,1 mm).
Hartmetall-UAV-Motorbuchse	Wellenhülse für Drohnenmotoren aus Hartmetall	Dünnwandiger Ring (Innendurchmesser 550 ± 0,05 mm, Wandstärke 0,53 ± 0,05 mm).
Strukturbefestigungen aus Hartmetall für UAVs	Strukturbefestigungselement für Drohnen aus Hartmetall	Bolzen in Sonderform (Steigung 0,52±0,01 mm, Kopfdurchmesser 520±0,1 mm).
Hartmetall-Ziehsteindüse	Hartmetall-Drahtziehdüse	Poröser Kegel (Porengröße 0,051 ± 0,01 mm), beständig gegen hohen Druck (> 50 MPa ± 5 MPa).
Hartmetall-EDM-Elektrodenteile	Hartmetall-EDM-Elektrode	Komplex gekrümmte Oberfläche (Krümmungsradius 220±0,05 mm) mit Mikroporen (Porendurchmesser 0,10,5±0,01 mm).
Zubehör für Hartmetall-Laserschneidköpfe	Komponente für den Laserschneidkopf aus Hartmetall	Konisch oder porös (Porengröße 0,12±0,01 mm), hochtemperaturbeständig (>800°C±10°C).
Halbleiter-Waferform aus Hartmetall	Halbleiter-Waferform aus Hartmetall	Mikrorillen-Array (Rillenbreite 0,010,1±0,005 mm, Rillentiefe 0,020,2±0,01 mm).
Hartmetallform für Windturbinengetriebe	Hartmetall-Windturbinenzahnradform	Innere Zahnform (Modul 110±0,05, Zahnhöhe 220±0,1 mm).
Verbindungselemente aus Hartlegierungen für Eisenbahnschwellen bei Hochgeschwindigkeitszügen	Hochgeschwindigkeits-Schwellenbefestigung aus Hartmetall	Stift in Sonderform (Durchmesser 520±0,05 mm, Länge 20100±0,5 mm).
Hartmetall-Offshore-Bohrschneidkopf	Offshore-Bohrer aus Hartmetall	Konisch oder polygonal (Seitenlänge 530±0,1 mm), korrosionsbeständig (Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr±0,002 mm/Jahr).
Zubehör für Hartmetall-Bremsbeläge in der Luftfahrt	Hartmetall-Bremsbelagkomponente für die Luftfahrt	Poröse Oberfläche (Porengröße 0,55±0,01 mm), hohe Temperaturbeständigkeit (>1000°C±10°C).
Hartmetall-Schiffspropellerbuchsen	Hartmetall-Schiffspropellerwellenhülse	Ringförmig (Innendurchmesser 20200 ± 0,1 mm, Wandstärke 210 ± 0,05 mm).
Hartmetall-Robotergelenkstift	Robotergelenkstift aus Hartmetall	Stufenzylinder (Durchmesser 220 ± 0,01 mm, Länge 1050 ± 0,5 mm).
Hartmetall-Druckwalzenzubehör	Druckwalzenkomponente aus Hartmetall	Zylinder mit Mikrorillen (Rillenbreite 0,050,5±0,01 mm).
Hartmetall-Ölpipeline-Ventilkern	Ventilkern aus Hartmetall für Ölpipelines	Kugelförmig oder kegelförmig (Durchmesser 1050 ± 0,05 mm) mit Strömungskanal (Kanalbreite 15 ± 0,1 mm).
Hartmetall-Glas-Heißbiegeform	Hartmetall-Glas - Heißbiegeform	Gebogene Oberfläche (Krümmungsradius 5100±0,1mm), hohe Temperaturbeständigkeit (>700°C±10°C).
Medizinische chirurgische Messer aus Hartmetall	Chirurgische Klinge aus Hartmetall	Dünne Klingenform (Klingendicke 0,10,5±0,01 mm, Klingenwinkel 10°30°±1°), Oberfläche poliert (Rauhigkeit Ra<0,02μm±0,005μm).
Medizinischer Knochenbohrer	Knochenbohrer aus Hartmetall	Schlanke Spirale (Durchmesser 0,55±0,01 mm, Länge 1050±0,5 mm) mit

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
aus Hartmetall		Kühllöchern (Lochdurchmesser 0,10,5±0,01 mm).
Hartmetall-Spannfutter für medizinische Arterienklemmen	Spitze einer Arterienklemme aus Hartmetall	Gezahnte Backen (Zahnhöhe 0,10,5±0,01 mm, Zahnteilung 0,21±0,01 mm).
Hartmetall-Holzschneidwerkzeuge für die Land- und Forstwirtschaft	Hartmetall-Holzschneideblatt	Gebogene oder trapezförmige Klinge (Klingenbreite 550±0,1 mm, Klingendicke 15±0,05 mm).
Hartmetall-Bambusschnitzwerkzeuge für Land- und Forstwirtschaft	Schnitzwerkzeug aus Bambus aus Hartmetall	Schlank und konisch (Durchmesser 0,53±0,01 mm, Klingenwinkel 5°20°±1°).
Hartmetall-Astklingen für die Land- und Forstwirtschaft	Hartmetall-Zweigschneideklinge	Halbmondförmig (Klingenlänge 1050±0,1 mm, Klingendicke 0,52±0,05 mm).
Granulierdüse aus Hartmetall für Tierhaltung und Fischerei	Pelletierdüse für Hartmetallzufuhr	Multi-Well-Platte (Porengröße 0,55 ± 0,01 mm, Porenabstand 110 ± 0,1 mm).
Hartmetall-Ziehstempel für Fischernetzseile	Ziehstein für Fischernetzseile aus Hartmetall	Kreisförmiges Loch (Öffnung 0,12 ± 0,005 mm), verschleißfest (Verschleißrate < 0,02 mm3/ N·m ± 0,01 mm3/ N·m).
Schneidkopf aus Hartmetall für die Bodenbearbeitung in der Land- und Forstwirtschaft	Hartmetall-Bodenbearbeitungsbohrer	Konisch oder gebogen (Klingenbreite 530±0,1 mm, Klingendicke 210±0,05 mm).
Medizinische Zahnbohrer aus Hartmetall	Zahnbohrer aus Hartmetall	Mikrospirale (Durchmesser 0,22 ± 0,005 mm, Länge 520 ± 0,5 mm).
Hartmetall-Rasenmäherklingen	Rasenmäherklinge aus Hartmetall	Gewellte Klinge (Wellenhöhe 15±0,1 mm, Klingenlänge 20100±0,1 mm).
Hartmetall-Angelhaken-Schleifstein	Hartmetall-Angelhaken-Schärfform	Gebogene Kavität (Kavitätstiefe 0,52±0,01 mm, Kavitätsbreite 0,21±0,01 mm).
Hartmetallform für medizinische Nähnadeln	Form für chirurgische Nahtnadeln aus Hartmetall	Schlanke Bogenform (Bogendurchmesser 0,11±0,005 mm, Länge 520±0,5 mm).
-Hobelwerkzeuge für die Land- und Forstwirtschaft	Hobelwerkzeug aus Hartmetall für Holz	Rechteckig oder trapezförmig (Klingenbreite 550±0,1 mm, Klingendicke 15±0,05 mm).
Hartmetall-Schneidklingen für Tierhaltung, Fischerei und Aquakultur	Hartmetallklinge zur Verarbeitung von Meeresfrüchten	Dünne Klingenform (Klingendicke 0,21±0,01 mm, Klingenlänge 1050±0,1 mm).
Carbide Pflanzenschutzdüsenzubehör für Land- und Forstwirtschaft	Hartmetall-Sprühdüse	Poröser Kegel (Porendurchmesser 0,11 ± 0,01 mm), korrosionsbeständig (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr ± 0,002 mm/Jahr).
Hartmetallklinge für medizinische Endoskope	Hartmetall-Endoskopklinge	Mikrobogen (Klingenbreite 0,22 ± 0,01 mm, Klingendicke 0,10,5 ± 0,01 mm).
Hartmetall-Bohrwerkzeuge für Land- und Forstwirtschaft sowie	Hartmetallbohrer für die Holzbearbeitung	Spiralform (Durchmesser 220 ± 0,05 mm, Länge 20100 ± 0,5 mm).

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
Holzbearbeitung		
Hartmetall-Futtermischklingen für Viehzucht und Fischerei	Mischklinge aus Hartmetall	Gebogene Oberfläche (Klingenbreite 1050±0,1 mm, Klingendicke 25±0,05 mm).
-Schnitzmatrizen für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Bambus und Holz	Schnitzform aus Bambus/Holz aus Hartmetall	Komplex gekrümmte Oberfläche (Krümmungsradius 220±0,05 mm) mit Mikrorillen (Rillenbreite 0,10,5±0,01 mm).
Hartmetall-Schmuckgravierwerkzeuge	Schmuckgravierwerkzeug aus Hartmetall	Feine, konische Spitze (Durchmesser 0,11 ± 0,005 mm, Länge 520 ± 0,5 mm) zum Präzisionsgravieren von Edelsteinen und Metallen.
Hartmetallklingen für die Lebensmittelverarbeitung	Klinge aus Hartmetall für die Lebensmittelverarbeitung	Dünne, gezackte Klinge (Zahnhöhe 0,21 ± 0,01 mm, Klingenlänge 20100 ± 0,1 mm), zum Schneiden von gefrorenen oder weichen Lebensmitteln.
Weberschiffchenspitzen aus Hartmetall für Textilwebstühle	Weberschiffchenspitze aus Hartmetall für Textilwebstühle	Schlanke Bogenform (Breite 15 ± 0,05 mm, Länge 1030 ± 0,5 mm), verschleißfest, für Hochgeschwindigkeitsweben verwendet.
Hartmetall-Kernbohrer	Geologischer Kernbohrer aus Hartmetall	Konische Zähne (Zahnhöhe 15 ± 0,1 mm, Durchmesser 1050 ± 0,1 mm) zur Probenahme von Gestein und Mineralien.
Hartmetall-Hitzeschildeinsätze für Raumfahrzeuge	Hitzeschildeinsatz aus Hartmetall für Raumfahrzeuge	Gebogene Platte (Dicke 110±0,05 mm, Krümmungsradius 10100±0,1 mm), hochtemperaturbeständig (>2000°C±10°C).
Hartmetall-Papierschneideklingen	Hartmetall-Papierschneideklinge	Dünne gerade Klinge (Klingendicke 0,10,5 ± 0,01 mm, Länge 50200 ± 0,1 mm), verwendet für die Hochgeschwindigkeits-Papierverarbeitung.
Hartmetall-Leder-Ausdünnmesser	Hartmetall-Lederschälwerkzeug	Gebogene Klinge (Klingenbreite 210±0,05 mm, Klingenwinkel 10°30°±1°) zum präzisen Ausdünnen von Leder.
Hartmetall-Schneidrad für Keramikfliesen	Schneidrad für Keramikfliesen aus Hartmetall	Rund mit Mikrozahnung (Zahnhöhe 0,21 ± 0,01 mm, Durchmesser 1050 ± 0,1 mm) zum sauberen Schneiden von Fliesen.
Hartmetall-Glasgravurspitze	Hartmetall-Glasgravurspitze	Mikrokegel (Durchmesser 0,050,5±0,005 mm, Länge 515±0,5 mm) für komplexe Glasmuster.
Hartgummi-Verarbeitungswalze	Hartmetall-Gummiverarbeitungswalze	Zylindrischer Riemen mit Mikrorillen (Rillenbreite 0,10,5±0,01 mm, Rillentiefe 0,10,5±0,01 mm), verwendet in der Reifenherstellung.
Hartmetall-Kunststoff-Extrusionsdüse	Hartmetall-Kunststoff-Extrusionsdüse	Mehrporig (Porengröße 0,22 ± 0,01 mm), wird für hochpräzise Kunststoffformen verwendet.
Hartmetall-Eisbohrer	Hartmetall-Eisbohrer	Spiralriemenzähne (Zahnhöhe 15±0,1 mm, Durchmesser 1050±0,1 mm) für die Polarforschung.
Hartmetallform für medizinische Klammergeräte	Form für chirurgische Klammergeräte aus Hartmetall	Zur Herstellung medizinischer Klammergeräte werden Mikrorillenplatten (Rillenbreite 0,10,5±0,01 mm, Rillentiefe 0,10,5±0,01 mm) verwendet .
Hartmetall-Obstschälklinge	Obstschälklinge aus Hartmetall	Dünne gebogene Klinge (Klingenstärke 0,10,5±0,01 mm, Klingenlänge 1050±0,1 mm) für die automatisierte Lebensmittelverarbeitung.
Hartmetall-Säbohrerspitze	Bohrspitze für Saatpflanzer aus Hartmetall	Konisch (Durchmesser 210 ± 0,05 mm, Länge 1030 ± 0,5 mm) für die Präzisionslandwirtschaft.
Hartmetall-	Teppichschneideklinge aus	Gezackte Klinge (Zahnhöhe 0,52 ± 0,05 mm, Klingenlänge 20100 ± 0,1 mm)

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
Teppichschneidklingen	Hartmetall	zum sauberen Schneiden von Textilien.
Hartmetall-Knochentransplantatform	Knochentransplantatform aus Hartmetall	Poröser Hohlraum (Porendurchmesser 0,11±0,01 mm, Hohlraumtiefe 110±0,1 mm) für orthopädische Implantate.
Ätzwerkzeuge für Hartmetall-Mikrochips	Ätzwerkzeug für Mikrochips aus Hartmetall	Mikrokonische Spitze (Durchmesser 0,010,1±0,005 mm, Länge 210±0,5 mm) für die Halbleiterfertigung .
Bohrer aus Hartmetall zur Mondbodenprobenentnahme	Mondbodenprobenbohrer aus Hartmetall	Spiralriemenzähne (Zahnhöhe 15±0,1 mm, Durchmesser 1050±0,1 mm) werden in der Weltraumforschung eingesetzt.
Hartmetall- Prothesengelenkform	Prothesengelenkform aus Hartmetall	Gebogene Oberfläche (Krümmungsradius 550±0,05 mm) mit Mikroporen (Porengröße 0,10,5±0,01 mm) für medizinische Prothesen.
Hartmetall-Gravierwerkzeug für architektonische Dekorationen	Gravurwerkzeug für architektonische Dekorationen aus Hartmetall	Schlanker Kegel (Durchmesser 0,22 ± 0,01 mm, Länge 1030 ± 0,5 mm), verwendet für die dekorative Bearbeitung von Stein und Metall.
Hartmetall - Uhrenzahnradform	Hartmetall-Uhrenzahnradform	Mikro-Innenverzahnungen (Modul 0,10,5±0,005, Zahnhöhe 0,21±0,01 mm) werden in der hochpräzisen Uhrenfertigung eingesetzt.
Hartmetall-Instrumentenblatt-Schneideklingen	Hartmetall-Schneidklinge für Rohrblätter von Musikinstrumenten	Dünne gerade Klinge (Klingendicke 0,10,3 ± 0,01 mm, Klingenlänge 520 ± 0,1 mm), wird zur Bearbeitung von Klavier- oder Saxophonblättern verwendet.
Hartmetall-Sportgeräte-Skateboard-Lagerhülse	Hartmetall-Skateboard-Lagerhülse	Ringförmig (Innendurchmesser 530 ± 0,05 mm, Wandstärke 0,52 ± 0,05 mm), verschleißfest (Verschleißrate < 0,02 mm3/ N·m ± 0,01 mm3/ N·m).
Hartmetall-Verpackungsmaschinenschneider	Schneidklinge für Verpackungsmaschinen aus Hartmetall	Gebogen oder gezahnt (Klingenbreite 550±0,1mm, Klingendicke 0,53±0,05mm), zum Schneiden von Kunststofffolien.
Schneidwerkzeug für Hartstahlstangen	Schneidwerkzeug für Bewehrungsstäbe aus Hartmetall	Trapezförmige Klinge (Klingenbreite 1050±0,1 mm, Klingendicke 210±0,05 mm), wird zur Bearbeitung von Stahlstangen verwendet.
Hartmetall - Uhrzeigerform	Hartmetall-Uhrzeigerform	Schlanke Sonderform (Breite 0,11 ± 0,01 mm, Länge 520 ± 0,5 mm), verwendet für Präzisionszeigerformen.
Hartmetall-Instrumentensaitenstifte	Saitenbefestigungsstift aus Hartmetall für Musikinstrumente	Zylindrisch (Durchmesser 15±0,01 mm, Länge 520±0,5 mm), für Gitarre oder Violine.
Golfschlägerkopfform für Sportgeräte	Hartmetall-Golfschlägerkopfform	Komplex gekrümmte Oberfläche (Krümmungsradius 550±0,05 mm) mit Mikrorillen (Rillenbreite 0,21±0,01 mm).
Siegelklingen aus Hartmetall für Verpackungsmaschinen	Siegelklinge für Verpackungsmaschinen aus Hartmetall	Dünne gerade Klinge (Klingendicke 0,10,5 ± 0,01 mm, Klingenlänge 20100 ± 0,1 mm), verwendet für heißversiegelte Verpackungen.
Hartmetall-Architekturglasbohrer	Bohrer aus Hartmetall für Architekturglas	Spiralform (Durchmesser 220 ± 0,05 mm, Länge 20100 ± 0,5 mm), verwendet für die Installation von Glasvorhangfassaden.
Hartmetall - Uhrfederform	Hartmetall-Uhrfederform	Spiralbleche (Dicke 0,10,5±0,01 mm, Breite 15±0,05 mm) werden zur Herstellung von Federn für mechanische Uhren verwendet.

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

Produktname	englischer Name	beschreiben
Hartmetall-Mundstückform für Musikinstrumente	Mundstückform für Musikinstrumente aus Hartmetall	Konischer Hohlraum (Hohlraumtiefe 210±0,1 mm, Hohlraumbreite 15±0,05 mm), verwendet für Blechblasinstrumente.
Hartmetall-Fahrradkettenradform für Sportgeräte	Hartmetall-Fahrradkettenradform	Äußere Zahnform (Zahnhöhe 15±0,1 mm, Zahnteilung 510±0,1 mm), wird zur Kettenradherstellung verwendet.
Schneidwerkzeug für Hartmetall-Verpackungsmaschinen	Schneidwerkzeug für Verpackungsmaschinen aus Hartmetall	Runde Klinge (Durchmesser 20100 ± 0,1 mm, Klingendicke 0,21 ± 0,01 mm), zum Schneiden von Spulen verwendet.
Hartmetall-Baustein-Stoßwerkzeuge	Hartmetall-Stein-Schlitzwerkzeug	Rechteckige oder gebogene Klinge (Klingenbreite 520±0,1 mm, Klingendicke 15±0,05 mm), wird zur Marmorbearbeitung verwendet.
Hartmetall -Positionierungsstift für Uhrwerke	Ausrichtungsstift für Uhrwerke aus Hartmetall	Miniaturzylinder (Durchmesser 0,52 ± 0,005 mm, Länge 210 ± 0,5 mm) zur Uhrwerkmontage.
-Trommelstockkopfform für Musikinstrumente	Trommelstockkopfform aus Hartmetall	Kugelförmig oder elliptisch (Durchmesser 520±0,1 mm, Höhe 515±0,1 mm), wird zur Herstellung von Trommelstöcken verwendet.
Hartmetall-Snowboardklingen für Sportgeräte	Skikantenklinge aus Hartmetall	Dünne gerade Klinge (Klingendicke 0,21 ± 0,01 mm, Klingenlänge 50200 ± 0,1 mm), wird für die Kante von Snowboards verwendet.
Perforationswerkzeug für Hartmetallverpackungsmaschinen	Perforationswerkzeug für Verpackungsmaschinen aus Hartmetall	Lochblech (Porengröße 0,11 ± 0,01 mm, Porenabstand 0,55 ± 0,05 mm) für leicht aufreißbare Verpackungen.
veranschaulichen	In der obigen Tabelle können die Maße fehlen - so entspricht beispielsweise "Klingenlänge 50200±0,1 mm" tatsächlich 50 - 200±0,1 mm.	

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.3 Einfluss der Form auf Leistung und Prozess

Die Form (Partikelmorphologie, Geometrie des fertigen Produkts) beeinflusst maßgeblich die Eigenschaften von Hartmetall (Fließfähigkeit 13,020 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g, Härte HV 1600–2200 ± 30, Lebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde) und den Prozess (Pressen, Sintern, additive Fertigung). Die Partikelmorphologie bestimmt die Fließfähigkeit (13,020 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g) und die Dichte (4,5–5,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³). Die Form des fertigen Produkts beeinflusst die Spannungsverteilung (Spannungskonzentrationsfaktor < 1,5 ± 0,1) und die funktionale Anpassung. Optimierung durch theoretische Modelle (Kozeny-Carman , FEA) und Fallanalyse.

Dieser Abschnitt beginnt mit Fallstudien zu Partikelmorphologie und -fluidität, Dichteverhältnissen, Form und Spannungsverteilung des fertigen Produkts sowie Formoptimierung.

10.6.3.1 Zusammenhang zwischen Partikelmorphologie, Fluidität und Dichte (Kozeny-Carman-Modell)

Grundlagen und technischer Überblick

Die Partikelmorphologie (Sphärizität 95 % 60 % ± 2 %) bestimmt die Fluidität (13,020 s/50 g ± 0,1 s/50 g) und die Schüttdichte (4,55,1 g/cm³ ± 0,01 g/cm³), die durch das Kozeny-Carman-Modell (Porosität ε, Permeabilität k) quantifiziert werden. Sphärische Partikel (> 95 % ± 2 %) haben eine Fluidität von 13,014,0 s/50 g ± 0,1 s/50 g und eine Dichte von 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³; flockige Partikel (Seitenverhältnis > 5:1 ± 0,5) haben eine Fließfähigkeit von > 20 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g und eine Dichte von < 4,5 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

Zu den Tests gehören Fließfähigkeit (ASTM B213, Genauigkeit ±0,1 s/50 g), Dichte (ASTM B212, Genauigkeit ±0,01 g/cm³) und Morphologie (SEM, Auflösung <0,1 μm ±0,01 μm). Beispielsweise beträgt die Fließfähigkeit sphärischer WC6Co-Partikel 13,5 s/50 g ±0,1 s/50 g und die Dichte 5,0 g/cm³ ±0,01 g/cm³.

Mechanismus und Analyse

Das Kozeny-Carman -Modell ($k = \varepsilon^3/[C(1\varepsilon)^2S^2]$, C5±0,5, S ist die spezifische Oberfläche) zeigt, dass kugelförmige Partikel (ε0,36±0,01) eine hohe Permeabilität ($k10^{-12}$ m²±10^{-13} m²) und ausgezeichnete Fluidität aufweisen; Flockenpartikel (ε>0,75±0,02) haben eine geringe Permeabilität ($k10^{-14}$ m²±10^{-15} m²) und schlechte Fluidität. Die SEM zeigt, dass kugelförmige Partikel weniger Kontaktpunkte haben (<5 Punkte/Partikel±1 Punkt) und Flockenpartikel stark verwickelt sind (>50%±5%). Der Fluiditätstest zeigt, dass kugelförmige Partikel 13,5 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g besser sind als Flockenpartikel (22 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g).

Analyse der Einflussfaktoren

Sphärizität: >95 % ± 2 %, k nimmt um 50 % ± 5 % zu; <80 % ± 2 %, k nimmt um 30 % ± 5 % ab.
Partikelgröße: 1030 μm±0,01 μm , ε ist niedrig; >50 μm±0,01 μm , ε steigt um 10 %±2 %.

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

Oberflächenrauheit: Ra <0,2 μm ± 0,01 μm , Fließfähigkeit erhöht sich um 10 % ± 2 %; >0,5 μm ± 0,01 μm , Fließfähigkeit verringert sich um 15 % ± 3 %.
Partikelverteilung: einzelne Spitze, k ist stabil; breite Verteilung, k nimmt um 10 % ± 2 % ab.
Luftfeuchtigkeit: >0,5 % ± 0,01 %, Fließfähigkeit nimmt um 20 % ± 3 % ab.
Beispielsweise sinkt die Fließfähigkeit von WC6Co (Sphärizität 80 % ± 2 %) auf 16 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g.

Die Optimierungsstrategie
zielt darauf ab, eine Fließfähigkeit von 13,016,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g und eine Dichte von > 4,8 g/cm³ ± 0,01 g/cm³ zu erreichen. Es wird empfohlen:
Morphologieoptimierung: Sphärizität > 90 % ± 2 %, durch Plasmasphäroidisierung.
Partikelgrößenkontrolle: 1030 μm±0,01 μm , unimodale Verteilung.
Oberflächenoptimierung: Ra<0,2 μm±0,01 μm , reduzierte Reibung.
Umweltkontrolle: Luftfeuchtigkeit <0,1 % ± 0,01 %, Agglomeration vermeiden.
Prüfspezifikationen: ASTM B213 (Fließfähigkeit), KozenyCarman (Durchlässigkeit).

Beispielsweise hat WC6Co (Sphärizität 95 % ± 2 %) eine Fluidität von 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g und eine Dichte von 5,0 g/cm³ ± 0,01 g/cm³.

10.6.3.2 Form und Spannungsverteilung von Hartmetall-Fertigprodukten (FEA-Simulation)

Grundlegende Prinzipien und technischer Überblick
Die Form des fertigen Produkts (Blech, Stab, komplexe Geometrie) beeinflusst die Spannungsverteilung (Spannungskonzentrationsfaktor K_t <1,5±0,1), die durch eine Finite-Elemente-Analyse (FEA, ANSYS, Netz <0,01 mm±0,001 mm) simuliert wird. Blechklingen (Dicke 3 mm±0,01 mm) K_t1,1±0,05, Stabbohrer (Durchmesser 10 mm±0,01 mm) K_t1,3±0,05 und komplexe Düsen (Öffnung 0,3 mm±0,01 mm) K_t~1,4±0,05.

Die Tests umfassen Spannungsverteilung (FEA, Genauigkeit ±1 MPa), Festigkeit (ISO 3327, Genauigkeit ±10 MPa) und Bruch (SEM, Auflösung <0,1 μm ±0,01 μm). Beispielsweise zeigt die FEA der YG8-Klinge eine maximale Spannung von 200 MPa ±10 MPa, und die gemessene Festigkeit beträgt 4200 MPa ±50 MPa.

Mechanismus und Analyse:
FEA-Simulation (Elastizitätsmodul 550 GPa ± 10 GPa , Poissonzahl 0,22 ± 0,01) zeigt, dass die Spannung der Blattklinge gleichmäßig ist (Abweichung < 5 % ± 1 %), die Axialspannung des Stabbohrers hoch ist (> 300 MPa ± 10 MPa) und die Spannung der Düsenlochwand konzentriert ist (K_t ~ 1,4 ± 0,05). SEM-Aufnahmen zeigen einen glatten Blattbruch (Vertiefung < 1 μm ± 0,1 μm) und Mikrorisse an der Düsenlochwand (< 0,01 mm ± 0,001 mm). Festigkeitstests zeigen, dass die YG8-Klinge besser ist als die Düse (Festigkeit 3800 MPa ± 50 MPa).

Analyse der Einflussfaktoren

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

Form: Flocke, niedriger K_t ; komplexe Geometrie, K_t um 20 % ± 3 % erhöht.
Größe: Dicke >3 mm±0,01 mm, Spannung ist gleichmäßig; <1 mm±0,01 mm, Bruchrate erhöht sich um 10 %±2 %.
Korngröße: 0,52 μm ± 0,01 μm , hohe Festigkeit; > 5 μm ± 0,01 μm , Festigkeitsabfall um 10 % ± 2 %.
Porosität: <0,1 % ± 0,01 %, K_t ist stabil; >0,5 % ± 0,01 %, K_t steigt um 15 % ± 3 %.
Belastung: Stoß (>1000 N±100 N), niedriger K_t-Wert erforderlich; statisch, toleranter K_t-Wert .
Beispielsweise stieg der K_t der YG8-Düse (Porosität 0,5 % ± 0,01 %) auf 1,6 ± 0,05.

Die Optimierungsstrategie besteht darin,
K_t < 1,5 ± 0,1 und eine Festigkeit > 4000 MPa ± 50 MPa zu erreichen . Dazu wird Folgendes empfohlen:
Formoptimierung: Eckenrundung > 0,1 mm ± 0,01 mm, niedrigerer K_t .
Kornkontrolle: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).
HIP-Optimierung: 1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa, Porosität < 0,1 % ± 0,01 %.
FEA-Optimierung: Raster <0,01 mm±0,001 mm, Genauigkeit um 10 %±2 % erhöht.
Prüfvorschriften: FEA (Spannung), ISO 3327 (Festigkeit).

Beispielsweise hat eine YG8-Klinge (Eckenradius 0,2 mm ± 0,01 mm) einen K_t-Wert von ~ 1,1 ± 0,05 und eine Festigkeit von 4200 MPa ± 50 MPa.

10.6.3.3 Fallstudie zur Formoptimierung (Steigerung der Werkzeugstandzeit um 30 %)

Grundprinzipien und Technologieübersicht
Formoptimierung Verbessern Sie die Standzeit des Werkzeugs um 30±5 % (>12±1 h), indem Sie die Partikelmorphologie (Sphärizität >95±2 %) und die Geometrie des fertigen Produkts (Kantenradius <50 μm±1 μm) anpassen. Beispiel: P10-Einsatz optimiert Kante (Radius 40 μm±1 μm) und Pulver (Sphärizität 98 %±1 %), die Standzeit erhöht sich von 9 h±1 h auf 12 h±1 h.

Die Tests umfassen Lebensdauer (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Verschleiß (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ N·m) und Morphologie (SEM, Auflösung <0,1 μm±0,01 μm). Beispielsweise hat der optimierte P10-Einsatz eine Verschleißrate von 0,03 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m und eine Lebensdauer von 12 Stunden±1 Stunde.

Mechanismus und Analyse:
Sphärisches Pulver (Fließfähigkeit 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g) verbessert die Dichte (> 99 % ± 0,1 %), und die feine Schneide (40 μm ± 1 μm) reduziert die Schneidkraft (< 100 N ± 10 N). FEA zeigt, dass der Spannungskonzentrationskoeffizient der optimierten Klinge K_t1,1 ± 0,05 beträgt und damit 15 % ± 3 % niedriger ist als der des Originals (K_t1,3 ± 0,05). SEM zeigt, dass sich die optimierte Klinge gleichmäßig abnutzt (Tiefe < 0,01 mm ± 0,001 mm) und es keine Absplitterungen gibt (< 0,01 mm ± 0,001 mm). Lebensdauertests zeigen, dass das optimierte P10 besser ist als das Original (9 Stunden ± 1 Stunde).

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

Analyse der Einflussfaktoren

Sphärizität: >95 % ± 2 %, hohe Dichte; <90 % ± 2 %, Porosität um 10 % ± 2 % erhöht.

Schneidkantenradius: <50 μm±1 μm , geringe Schnittkraft; >100 μm±1 μm , Schnittkraft steigt um 15 %±3 %.

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 2 μm ± 0,01 μm , Lebensdauer um 10 % ± 2 % reduziert.

Beschichtung: TiAlN (2 μm ± 0,1 μm), Lebensdauer um 20 % ± 3 % erhöht; ohne Beschichtung, Lebensdauer um 15 % ± 3 % reduziert.

Schnittgeschwindigkeit: >1000 m/min±10 m/min, Formoptimierung erforderlich; <500 m/min±10 m/min, anwendbar auf normale Formen.

Beispielsweise hat das Original P10 (Schneide 100 μm ± 1 μm) eine Lebensdauer von 9 Stunden ± 1 Stunde.

Die Optimierungsstrategie

zielt darauf ab, eine Lebensdauersteigerung von 30 % ± 5 % und eine Verschleißrate von < 0,03 mm^3/ N·m ± 0,01 mm^3/ N·m zu erreichen . Folgende Maßnahmen werden empfohlen:

Pulveroptimierung: Sphärizität > 95 % ± 2 %, Partikelgröße 1030 μm ± 0,01 μm .

Schneidkantenoptimierung: Radius <50 μm±1 μm , Schleifgenauigkeit <1 μm±0,1 μm .

Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 20 %±3 % erhöht.

Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).

Prüfspezifikationen: ISO 3685 (Lebensdauer), ASTM G99 (Abrieb).

Technische Anwendung

Optimierte Klinge: P10 (Schneide 40 μm±1 μm), Lebensdauer 12 Stunden±1 Stunde, Steigerung um 30 %±5 %.

Luftfahrtbearbeitung: Optimiertes YG8-Werkzeug (Verschleißrate 0,03 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m) Lebensdauer 13 Stunden±1 Stunde.

Stahlverarbeitung: Optimiertes P10 (K_t ~ 1,1 ± 0,05) Genauigkeit < 0,1 mm ± 0,01 mm.

Diese Fälle zeigen, dass die Leistung durch Formoptimierung erheblich verbessert werden kann.

10.6.4 Test- und Charakterisierungsmethoden

Die Prüfung und Charakterisierung der Hartmetallform (Partikelmorphologie, Geometrie des Endprodukts) gewährleistet eine gleichbleibende Leistung (Fließfähigkeit 13,020 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g, Genauigkeit < 10 μm ± 1 μm , Verschleißrate < 0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m). Zu den Methoden gehören SEM, Laser-Partikelgrößenanalyse, 3D-Scanning, CT-Tests und Leistungsnachweise zur Erfüllung der ISO- und ASTM-Normen.

Dieser Abschnitt beginnt mit der Partikelmorphologie, der Geometrie des fertigen Produkts und der

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

Leistungsüberprüfung.

10.6.4.1 Partikelmorphologie: SEM, Laser-Partikelgrößenanalyse (Sphärizität > 95%)

Grundprinzipien und technischer Überblick

Die Partikelmorphologie wird mittels SEM (Auflösung <0,1 μm±0,01 μm) und Laser-Partikelgrößenanalyse (Genauigkeit ±0,01 μm) charakterisiert. Dabei werden die Sphärizität (>95 %±2 %), die Partikelgröße (1050 μm±0,01 μm) und die Oberflächenrauheit (Ra <0,2 μm±0,01 μm) quantifiziert. SEM wird zur Beobachtung der Morphologie verwendet, und der Laser-Partikelgrößenanalysator wird zur Messung von D50 und Verteilung eingesetzt.

Zur Ausrüstung gehören ein Rasterelektronenmikroskop (Beschleunigungsspannung 520 kV ± 0,1 kV) und ein Laser-Partikelgrößenmessgerät (Messbereich 0,11000 μm ± 0,01 μm). Die Prüfung erfolgt nach ISO 13322 (Morphologie, Genauigkeit ± 1 %). Beispielsweise beträgt die Sphärizität von sphärischen WC6Co-Partikeln 98 % ± 1 % und D50 ~ 20 μm ± 0,01 μm .

Mechanismus und Analyse

SEM erzeugt morphologische Bilder durch Elektronenstrahlscannen (Strahlstrom <1 nA±0,1 nA) und unterscheidet Kanten und Ecken (<0,1 μm±0,01 μm) sowie Oberflächendefekte (<0,01 μm±0,001 μm). Die Laser-Partikelgrößenanalyse beruht auf Mie-Streuung (Wellenlänge 633 nm±1 nm) zur Messung der Partikelgrößenverteilung (Abweichung <0,1 %±0,01 %). SEM zeigt, dass die Oberfläche sphärischer Partikel glatt ist (Ra <0,1 μm±0,01 μm) und unregelmäßige Partikel deutliche Kanten und Ecken aufweisen (Winkel <90°±5°). Der Laser-Partikelgrößentest zeigt D50~20 μm±0,01 μm , mit einer einzelnen Peakverteilung (Breite <5 μm±0,1 μm).

Analyse der Einflussfaktoren

Beschleunigungsspannung: 10 kV ± 0,1 kV, hohe Auflösung; > 20 kV ± 0,1 kV, Schadensrate um 10 % ± 2 % erhöht.

Probenmenge: 0,1 g ± 0,01 g, genaue Verteilung; < 0,05 g ± 0,01 g, Abweichung um 10 % ± 2 % erhöht.

Dispergiermittel: Ethanol, gleichmäßige Dispersion; Wasser, Agglomerationsrate erhöht sich um 10 % ± 2 %.

Sphärizität: >95 % ± 2 %, einfach zu messen; <80 % ± 2 %, Fehler erhöht sich um 5 % ± 1 %.

Partikelgrößenbereich: 1050 μm±0,01 μm , hohe Genauigkeit; >100 μm±0,01 μm , Abweichung erhöht sich um 10 %±2 %.

Beispielsweise nahm die Unschärfe des SEM-Bildes von WC6Co (Spannung 25 kV ± 0,1 kV) um 5 % ± 1 % zu.

Die Optimierungsstrategie besteht darin, eine Sphärizität von >95 % ± 2 % und eine D50-Genauigkeit von ± 0,01

μm zu erreichen . Folgendes wird empfohlen:

SEM-Optimierung: Spannung 1015 kV ± 0,1 kV, Auflösung < 0,1 μm ± 0,01 μm .

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

Partikelgrößenoptimierung: Probe 0,10,2 g ± 0,01 g, Ethanoldispersion.
Kalibrierung: Standardpartikel (Abweichung <0,1 % ± 0,01 %), Genauigkeit um 5 % ± 1 % erhöht.
Umweltkontrolle: Luftfeuchtigkeit <0,1 % ± 0,01 %, Agglomeration vermeiden.
Prüfvorschriften: ISO 13322 (Morphologie), Laser-Partikelgrößenanalyse.
Beispielsweise hat WC6Co (10 kV ± 0,1 kV) eine Sphärizität von 98 % ± 1 % und einen D50 von 20 μm ± 0,01 μm .

10.6.4.2 Geometrie des fertigen Produkts: 3D-Scannen und CT-Prüfung (Genauigkeit < 5 μm)

Grundprinzipien und technischer Überblick
Die Geometrie des fertigen Produkts wird durch 3D-Scannen (Genauigkeit <5 μm±0,1 μm) und CT-Inspektion (Auflösung <1 μm±0,1 μm) charakterisiert. Dabei werden Größe (<0,01 mm±0,001 mm), Porengröße (0,10,5 mm±0,01 mm) und innere Defekte (<0,01 mm±0,001 mm) quantifiziert. Das 3D-Scannen misst die Oberflächengeometrie, und die CT erkennt die innere Struktur.

Zur Ausrüstung gehören ein 3D-Scanner (Laserwellenlänge 405 nm ± 1 nm) und ein CT-Scanner (Röntgenenergie 100200 kV ± 1 kV). Die Prüfung erfolgt nach ISO 1832 (Geometrie, Genauigkeit ± 0,01 mm). Beispielsweise beträgt die 3D-Scangenauigkeit der YG8-Düse 4 μm ± 0,1 μm und die CT-Apertur 0,3 mm ± 0,01 mm.

Mechanismusanalyse
^{4} Punkte/cm²±10³ Punkte/cm²) durch Lasertriangulation (Auflösung <5 μm±0,1 μm), und CT rekonstruiert die innere Struktur (Auflösung <1 μm±0,1 μm) durch Röntgendämpfung (Absorptionskoeffizient ~1 cm^{-1}±0,1 cm^{-1}). 3D-Scans zeigen, dass der Düsenkrümmungsradius 0,5 mm±0,01 mm beträgt, mit einer Abweichung von <0,01%±0,001%. CT-Tests bestätigen, dass die Porosität <0,1%±0,01 % beträgt und keine Risse vorhanden sind (<0,01 mm±0,001 mm).

Analyse der Einflussfaktoren
Scanauflösung: <5 μm±0,1 μm , hohe Genauigkeit; >10 μm±0,1 μm , Abweichung erhöht sich um 10 %±2 %.
Röntgenenergie: 150 kV ± 1 kV, ausgezeichnete Klarheit; <100 kV ± 1 kV, Rauschzunahme von 10 % ± 2 %.
Probengröße: <50 mm±0,1 mm, CT ist hocheffizient; >100 mm±0,1 mm, Scanzeit erhöht sich um 20 %±3 %.
Oberflächenreflexion: geringe Reflexion (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm), hohe Präzision; hohe Reflexion, Fehler erhöht sich um 5 % ± 1 %.
Defektgröße: <0,01 mm±0,001 mm, mittels CT messbar; >0,1 mm±0,01 mm, leicht zu erkennen.
Beispielsweise erhöht sich der 3D-Scanfehler von YG8 (reflektierende Oberfläche) auf 6 μm±0,1 μm .

Die Optimierungsstrategie
zielt darauf ab, eine Genauigkeit von <5 μm ± 0,1 μm und eine Fehlererkennung von <0,01 mm ±

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

0,001 mm zu erreichen. Es wird empfohlen:
Optimierung des 3D-Scans: Auflösung <5 μm±0,1 μm , Punktwolkendichte >10 ⁴ Punkte/cm²±10³ Punkte/cm².
CT-Optimierung: Energie 150200 kV±1 kV, Auflösung <1 μm±0,1 μm .
Oberflächenbehandlung: Ra <0,2 μm ± 0,01 μm , reduzierte Reflexion.
Kalibrierung: Standardprobe (Abweichung <0,1 % ± 0,01 %), Genauigkeit um 5 % ± 1 % erhöht.
Prüfvorschriften: ISO 1832 (Geometrie), CT-Prüfung (Defekte).
Beispielsweise hat die YG8-Düse (150 kV ± 1 kV) eine Genauigkeit von 4 μm ± 0,1 μm und eine Porosität von <0,1 % ± 0,01 %.

10.6.4.3 Leistungsnachweis: Fließfähigkeit (ASTM B213), Abriebfestigkeit (ASTM G65)

Grundlegende Prinzipien Technischer Überblick
Die Leistungsüberprüfung umfasst Fließfähigkeit (ASTM B213, 13,020 Sek./50 g ± 0,1 Sek./50 g), Verschleißfestigkeit (ASTM G65, Verschleißrate < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m) und Härte (ASTM E92, HV 16002200±30), um sicherzustellen, dass die Partikel und fertigen Produkte die Anwendungsanforderungen erfüllen (Lebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde).

Die Prüfausrüstung umfasst einen Hall-Durchflussmesser (Öffnung 2,5 mm ± 0,01 mm), einen Verschleißprüfer (Last 130 N ± 1 N) und einen Härteprüfer (Last 10 kg ± 0,1 kg). Der Test folgt den ASTM-Standards. Beispielsweise beträgt die Fließfähigkeit von WC6Co-Pulver 13,5 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g, und die Verschleißrate einer YG8-Klinge beträgt 0,04 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Mechanismusanalyse:
Der Fließfähigkeitstest wurde mittels Schwerkraftfluss (Flussrate ~3,7 g/s±0,1 g/s) durchgeführt, um den Partikelwiderstand zu messen (Reibungskoeffizient <0,5±0,05). Der Verschleißtest simulierte den Verschleiß mit einer Schleifscheibe (Geschwindigkeit 0,1 m/s±0,01 m/s), um den Volumenverlust zu messen (<0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). Der Härtetest wurde mit einem Diamanteindringkörper (Winkel 136°±0,5°) durchgeführt, um den Verformungswiderstand zu messen (HV 1800±30). SEM zeigte, dass die abgenutzte Oberfläche glatt war (Verschleißnarbe <0,01 mm±0,001 mm).

Tests zeigen, dass YG8 YG6 überlegen ist (Verschleißrate 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse der Einflussfaktoren
Fluidität: Sphärizität > 95 % ± 2 %, 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g; < 80 % ± 2 %, > 16 s/50 g ± 0,1 s/50 g.
Verschleißrate: Korn <1 μm±0,01 μm , <0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m ; >2 μm±0,01 μm , Anstieg um 10 %±2 %.
Härte: HV > 1800 ± 30, ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; < 1600 ± 30, Verschleißrate erhöht sich um 15 % ± 3 %.

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

Belastung: 130 N±1 N, Standardverschleiß; >200 N±1 N, Verschleißrate erhöht sich um 10 %±2 %. Umgebung: Trockenschleifen, geringe Verschleißrate; Nassschleifen, Verschleißrate steigt um 10 % ± 2 %.

Beispielsweise erhöht sich die Verschleißrate von YG6 (Korngröße 2 μm ± 0,01 μm) auf 0,05 mm^3/ N·m ± 0,01 mm^3/ N·m .

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Fließfähigkeit von 13,016,0 Sekunden/50 g ± 0,1 Sekunden/50 g und eine Verschleißrate von <0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m zu erreichen . Empfohlen:
Pulveroptimierung: Sphärizität > 95 % ± 2 %, Partikelgröße 1030 μm ± 0,01 μm .
Kornoptimierung: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC hinzugefügt (0,2 % ± 0,01 %).
Testoptimierung: Belastung 130 N ± 1 N, trockene Schleifumgebung.
Kalibrierung: Standardprobe (Abweichung <0,1 % ± 0,01 %), Genauigkeit um 5 % ± 1 % erhöht.
Prüfspezifikationen: ASTM B213 (Fließfähigkeit), ASTM G65 (Abrieb).

Beispielsweise hat YG8 (Sphärizität 98 % ± 1 %) eine Fluidität von 13,5 s/50 g ± 0,1 s/50 g und eine Verschleißrate von 0,04 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m .

10.7 Hartmetall-Sortensystem und -Standards

Das Hartmetall-Sortensystem und die Normen unterstützen die Materialauswahl und -anwendung durch Klassifizierung und Leistungsspezifikationen (Härte HV 800–2500 ± 30, Zähigkeit K_{1} c 825 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Festigkeit > 4000 MPa ± 50 MPa) und decken die Bereiche Schneiden (Lebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde), Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m) und Formen (Lebensdauer > 10^6-mal ± 10^5-mal) ab. Internationale Normen (ISO 513, ASTM, JIS) und chinesische Normen (Serie YG, YT, YW) werden koordiniert, um eine gleichbleibende Leistung (Abweichung < 5 % ± 1 %) zu gewährleisten. Durch Optimierung der Zusammensetzung (Co 6 % 15 % ± 1 %, WC > 80 % ± 1 %), des Prozesses (Sintern 1450 °C ± 10 °C) und der Prüfung (ASTM E92, G65) erfüllt es die Verarbeitungsanforderungen von Stahl, Gusseisen und Nichteisenmetallen.

In diesem Abschnitt werden das Markensystem und seine Anwendung systematisch unter vier Gesichtspunkten analysiert: ISO 513-Klassifizierung, chinesische Marken, ASTM- und JIS-Standards sowie Markenauswahl und -optimierung.

10.7.1 ISO 513-Klassifizierung (P, M, K, N, S, H)

ISO 513 klassifiziert Hartmetall in sechs Kategorien: P, M, K, N, S und H, basierend auf den Werkstückmaterialien und den Verarbeitungsbedingungen. Die Codes spiegeln Zusammensetzung (WC, TiC , Co usw.), Leistung (Härte HV 1600–2200 ± 30, Zähigkeit K_{1} c 1020 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) und Anwendung (Schnittgeschwindigkeit 500–2000 m/min ± 10 m/min) wider. Jede Sorte ist auf

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

spezifische Arbeitsbedingungen (Stahl, Gusseisen, hochwarmfeste Legierungen usw.) ausgerichtet, und durch Standardisierung wird die allgemeine Konsistenz gewährleistet (Abweichung < 2 % ± 0,5 %).

In diesem Abschnitt wird zunächst auf den Zusammenhang zwischen Notenschlüsseln und Leistung sowie den Anwendungsbereich eingegangen.

10.7.1.1 Zusammenhang zwischen Markencode und Leistung

Grundlagen und technischer Überblick

Der Güteschlüssel nach ISO 513 besteht aus Buchstaben (P, M, K, N, S, H) und Zahlen (0150), wobei die Buchstaben für das Werkstückmaterial und die Zahlen für Zähigkeit und Verschleißfestigkeit stehen (01 hohe Verschleißfestigkeit, 50 hohe Zähigkeit). Beispiel: P10 (Stahlverarbeitung) Härte HV 1900±30, K20 (Gusseisenverarbeitung) Zähigkeit K_{1C} 15 MPa·m$^{1/2}$±0,5. Die Eigenschaften werden durch die Zusammensetzung (Co 6 % 12 % ± 1 %, TiC 0 % 20 % ± 1 %) und die Korngröße (0,52 μm ± 0,01 μm) bestimmt.

Die Tests umfassen Härte (ASTM E92, Last 10 kg ± 0,1 kg), Zähigkeit (ISO 28079, Genauigkeit ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$) und Verschleiß (ASTM G99, Genauigkeit ± 0,01 mm^3/ N·m). Beispiel: P10-Härte HV 1900 ± 30, Verschleißrate 0,03 mm^3/ N·m ± 0,01 mm^3/ N·m .

Mechanismus und AnalyseP

Typ (hoher TiC-Gehalt , 10 % – 20 % ± 1 %) ist für Stahl geeignet und hat eine Härte von HV 1800 – 2000 ± 30; Typ K (WC > 90 % ± 1 %) ist für Gusseisen geeignet und hat eine Zähigkeit K_1 c 1218 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5; Typ M (Co 8 % – 20 % ± 1 %) hat eine ausgewogene Leistung und große Vielseitigkeit; Typ N (niedriger Co-Gehalt, < 6 % ± 1 %) wird für Aluminiumlegierungen verwendet und hat eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; Typ S (TiC + TaC) ist hochtemperaturbeständig (> 1000 °C ± 10 °C); Typ H (ultrafeines Korn < 0,5 μm ± 0,01 μm) wird für Materialien mit hoher Härte (HV > 1000 ± 50) verwendet. SEM zeigt, dass das P10-Korn 0,51 μm ± 0,01 μm und das K20-Korn beträgt 12 μm ± 0,01 μm . EDS bestätigte die P10 TiC- Verteilung (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %).

Leistungstests zeigen, dass die Verschleißrate von P10 (0,03 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m) besser ist als die von K20 (0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m).

Analyse der Einflussfaktoren

Co-Gehalt: 6 % 12 % ± 1 %, Zähigkeit nimmt zu; < 6 % ± 1 %, Härte nimmt um 10 % ± 2 % zu.

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 2 μm ± 0,01 μm , Zähigkeit um 10 % ± 2 % erhöht.

Zusatzstoffe: TiC (10 % ± 1 %), ausgezeichnete Stahlverarbeitung; TaC (5 % ± 1 %), Hochtemperaturleistung um 15 % ± 3 % erhöht.

Beschichtung: TiAlN (25 μm ± 0,1 μm), Lebensdauer um 30 % ± 5 % erhöht; ohne Beschichtung Verschleißrate um 20 % ± 3 % erhöht.

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

Verarbeitungsbedingungen: Hohe Geschwindigkeit (> 1000 m/min ± 10 m/min), P ist ausgezeichnet; niedrige Geschwindigkeit, K ist anwendbar.
$K_{1}c$ von P30 (Co 12 % ± 1 %) steigt auf 18 MPa·$m^{1/2}$±0,5.

Die Optimierungsstrategie
zielt darauf ab, eine Härte von HV 1600–2200±30 und eine Zähigkeit von K_{1} c 1020 MPa·$m^{1/2}$±0,5 zu erreichen. Es wird empfohlen:
Optimierung der Zusammensetzung: Co 6 % 12 % ± 1 %, TiC / TaC entsprechend den Arbeitsbedingungen angepasst.
Kornkontrolle: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 30 %±5 % erhöht.
Sinteroptimierung: 1450 °C ± 10 °C, Porosität <0,1 % ± 0,01 %.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 28079 (Zähigkeit).

Beispielsweise hat P10 (TiAlN , 0,5 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1900±30 und eine Verschleißrate von 0,03 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m .

10.7.1.2 Anwendungsbereich (Stahl, Gusseisen, Nichteisenmetalle)

Grundlagen und technischer Überblick:
ISO 513-Sorten sind für bestimmte Werkstückmaterialien optimiert. P-Typ (P01P50) bearbeitet Stahl (Schnittgeschwindigkeit 1000–2000 m/min ± 10 m/min), K-Typ (K01K50) bearbeitet Gusseisen (800–1500 m/min ± 10 m/min), N-Typ (N01N50) bearbeitet Nichteisenmetalle (> 2000 m/min ± 10 m/min), M-Typ (M01M50) ist für allgemeine Zwecke, S-Typ (S01S50) ist eine Hochtemperaturlegierung und H-Typ (H01H50) ist ein Material mit hoher Härte (HV > 1000 ± 50). Lebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde, Genauigkeit < 0,1 mm ± 0,01 mm.

Die Tests umfassen Schnittlebensdauer (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Verschleiß (ASTM G99, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ Nm) und Genauigkeit (ISO 1832, Genauigkeit ±0,01 mm). Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von P10 bei der Bearbeitung von Stahl 12 Stunden ±1 Stunde und die Genauigkeit von K20 bei der Bearbeitung von Gusseisen <0,1 mm ±0,01 mm.

Mechanismus und Analyse:
P-Typ mit hohem TiC-Gehalt (10 % – 20 % ± 1 %) verringert die Stahlhaftung (Reibungskoeffizient < 0,3 ± 0,05), K-Typ mit hohem WC-Gehalt (> 90 % ± 1 %) widersteht dem Gusseisenverschleiß (Verschleißrate 0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m), N-Typ mit niedrigem Co-Gehalt (< 6 % ± 1 %) verhindert die Haftung von Aluminiumlegierungen und S-Typ TaC (5 % ± 1 %) widersteht hohen Temperaturen (> 1000 °C ± 10 °C). SEM zeigt, dass P10 gleichmäßig verschleißt (Tiefe < 0,01 mm ± 0,001 mm) und K20 eine glatte Oberfläche aufweist (Ra < 0,2 μm ± 0,01 μm). Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer von P10-Stahl 12 Stunden ± 1 Stunde beträgt, was besser ist als bei K20 (10 Stunden ± 1 Stunde).

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

Analyse der Einflussfaktoren

Werkstückstoffe: Stahl (HV 200400±10), Klasse P; Gusseisen (HV 150250±10), Klasse K.

Schnittgeschwindigkeit: >1000 m/min±10 m/min, P ist ausgezeichnet; <800 m/min±10 m/min, K ist anwendbar.

Beschichtung: TiAlN , Lebensdauer um 30 % ± 5 % erhöht; ohne Beschichtung verringerte sich die Lebensdauer um 20 % ± 3 %.

Korngröße: 0,51 μm±0,01 μm , P ausgezeichnet; 12 μm±0,01 μm , K anwendbar.

Kühlmittel: Auf Ölbasis, Verschleißrate um 10 %±2 % reduziert; auf Wasserbasis, Verschleißrate um 10 %±2 % erhöht.

Beispielsweise reduziert sich die Verarbeitungszeit von K20-Stahl (unbeschichtet) auf 8 Stunden ± 1 Stunde .

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Lebensdauer von >10 Stunden ±1 Stunde und eine Genauigkeit von <0,1 mm ±0,01 mm zu erreichen. Empfohlen:

Sortenauswahl: P (Stahl), K (Gusseisen), N (Nichteisenmetall).

Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Lebensdauer um 30 %±5 % erhöht.

Kornoptimierung: 0,52 μm±0,01 μm , angepasst an die Arbeitsbedingungen.

Verarbeitungsoptimierung: Ölbasiertes Kühlmittel, drehzahlangepasste Qualität.

Prüfspezifikationen: ISO 3685 (Lebensdauer), ISO 1832 (Genauigkeit).

Technische Anwendung

Stahlverarbeitung: P10 (Härte HV 1900±30) Lebensdauer 12 Stunden±1 Stunde.

Gusseisenverarbeitung: K20 (Genauigkeit <0,1 mm ± 0,01 mm), Lebensdauer 10 Stunden ± 1 Stunde.

Verarbeitung von Aluminiumlegierungen: N10 (Verschleißrate 0,02 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$) Lebensdauer 15 Stunden±1 Stunde.

Diese Anwendungen zeigen, dass die ISO 513-Klassifizierung genau den Arbeitsbedingungen entspricht.

10.7.2 Chinesische Marken (YG-, YT-, YW-Serie)

Das chinesische Gütesystem umfasst die Serien YG (WCCo), YT (WCTiCCo) und YW (WCTiCTaCCo), deren Zusammensetzung (Co 6 % 15 % ± 1 %) und Eigenschaften (Härte HV 1400 – 2000 ± 30, Zähigkeit K_1 c 1020 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5) für das Schneiden (Geschwindigkeit 500 – 1500 m/min ± 10 m/min) und die Verschleißfestigkeit (Lebensdauer > 10^4 Stunden ± 10^3 Stunden) optimiert und auf ISO 513 abgestimmt sind (Abweichung < 5 % ± 1 %).

Dieser Abschnitt beginnt mit der Zusammensetzung und Leistung von YG6 und YT15 und ihrem Vergleich mit ISO-Klassen.

10.7.2.1 Zusammensetzung und Eigenschaften von YG6 und YT15 (Co 6%15%)

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

Grundprinzip und technischer Überblick

YG6 (WC 94 % ± 1 %, Co 6 % ± 1 %) und YT15 (WC 79 % ± 1 %, TiC 15 % ± 1 %, Co 6 % ± 1 %) sind typische chinesische Sorten. YG6 hat eine Härte von HV 1500 ± 30 und eine Zähigkeit von K_{IC} 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5; YT15 hat eine Härte von HV 1700 ± 30 und eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit (Verschleißrate 0,03 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m). Korngröße 0,52 μm ± 0,01 μm , gesintert bei 1450 °C ± 10 °C.

Die Tests umfassen Härte (ASTM E92, Last 10 kg ± 0,1 kg), Zähigkeit (ISO 28079, Genauigkeit ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$) und Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ± 0,01 mm³/ N·m). Beispielsweise beträgt die Zähigkeit K_I von YG6 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, die Verschleißrate von YT15 0,03 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Mechanismus und Analyse:

YG6 mit hohem WC-Gehalt (94 % ± 1 %) bietet Zähigkeit (K_{IC} 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5), geeignet für die Gusseisenverarbeitung (Geschwindigkeit 800–1200 m/min ± 10 m/min); YT15 mit hohem TiC-Gehalt (15 % ± 1 %) verbessert die Härte (HV 1700 ± 30), geeignet für Stahl (Geschwindigkeit 1000–1500 m/min ± 10 m/min). SEM zeigt, dass die Korngröße von YG6 12 μm ± 0,01 μm und die Korngröße von YT15 0,51 μm ± 0,01 μm beträgt . EDS bestätigt, dass das TiC von YT15 gleichmäßig ist (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %). Verschleißtests zeigen, dass YT15 besser ist als YG6 (Verschleißrate 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m).

Analyse der Einflussfaktoren

Co-Gehalt: 6 % ± 1 % (YG6), hohe Zähigkeit; 10 % ± 1 %, Zähigkeit um 10 % ± 2 % erhöht.
TiC -Gehalt: 15 % ± 1 % (YT15), hohe Härte; 0 % (YG6), Härte um 15 % ± 3 % reduziert.
Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm (YT15), ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; > 2 μm ± 0,01 μm , Zähigkeit um 10 % ± 2 % erhöht.
Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C, ausgewogene Leistung; > 1500 °C ± 10 °C, Kornwachstum 10 % ± 2 %.
Beschichtung: TiAlN (2 μm±0,1 μm), Lebensdauer um 30%±5% erhöht.
Beispielsweise erhöht sich die Zähigkeit von YG6 (Co 10 % ± 1 %) auf 16 MPa·m$^{1/2}$±0,5.

Die Optimierungsstrategie

zielt darauf ab, eine Härte HV 1400–2000±30 und eine Zähigkeit K_I c 1020 MPa·m$^{1/2}$±0,5 zu erreichen. Es wird empfohlen:
Optimierung der Zusammensetzung: YG6 (Co 6 % 8 % ± 1 %), YT15 (TiC 10 % 15 % ± 1 %).
Kornkontrolle: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 30 %±5 % erhöht.
HIP-Optimierung: 1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa, Porosität < 0,1 % ± 0,01 %.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ASTM G65 (Abrieb).

Beispielsweise hat YT15 (TiAlN , 0,5 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1700±30 und eine

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

Verschleißrate von 0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

10.7.2.2 Vergleich mit ISO-Klassen

Grundlagen und technischer Überblick

Chinesische Güten entsprechen ISO 513: YG6≈K20, YT15≈P15, Leistungsabweichung <5 % ± 1 %. YG6 (Co 6 % ± 1 %) Zähigkeit $K_{1}c$ 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5, K20 (Co 6 % 8 % ± 1 %) $K_{1}c$ 15 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5; YT15 (TiC 15 % ± 1 %) Härte HV 1700 ± 30, P15 (TiC 10 % 15 % ± 1 %) HV 1800 ± 30. Die Abstimmung erfolgt durch Zusammensetzung und Prüfstandardisierung.

Geprüft werden unter anderem Härte (ASTM E92, Genauigkeit ±30 HV), Zähigkeit (ISO 28079, Genauigkeit ±0,5 MPa·m$^{1/2}$) und Schneidleistung (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm). Beispielsweise beträgt die Bearbeitungsdauer von YG6- und K20-Gusseisen 10 Stunden ±1 Stunde, mit einer Abweichung von <3 % ±1 %.

Mechanismus und Analyse

YG6 und K20 mit hohem WC-Gehalt (>90 % ± 1 %) gewährleisten die Stabilität der Gusseisenbearbeitung (Verschleißrate 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m), YT15 und P15 mit hohem TiC-Gehalt (10 % 15 % ± 1 %) sind für Stahl geeignet (Reibungskoeffizient <0,3 ± 0,05). SEM zeigt, dass die Körner von YG6 und K20 12 μm ± 0,01 μm groß sind und die Körner von YT15 und P15 0,51 μm ± 0,01 μm groß sind . XRD bestätigt, dass die WC-Phase (2θ35,6° ± 0,1°) und die TiC-Phase (2θ36,8° ± 0,1°) konsistent sind. Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer von YT15-Stahl 12 Stunden ± 1 Stunde und die Lebensdauer von P15 12,5 Stunden ± 1 Stunde beträgt.

Analyse der Einflussfaktoren

Zusammensetzungsabweichung: Co±1 %, Leistungsabweichung <5 %±1 %; >±2 %, Abweichungszunahme 10 %±2 %.

Korngröße: 0,52 μm ± 0,01 μm , gleichbleibende Leistung; > 5 μm ± 0,01 μm , Abweichung erhöht sich um 10 % ± 2 %.

Beschichtung: Bei gleichbleibender TiAlN-Beschichtung erhöht sich die Lebensdauer um 30 %±5 %, bei unterschiedlichen Beschichtungen erhöht sich die Abweichung um 10 %±2 %.

Verarbeitungsbedingungen: Geschwindigkeit 1000 m/min±10 m/min, YT15≈P15; <500 m/min±10 m/min, YG6 ausgezeichnet.

Prüfnorm: ASTM vs. ISO, Abweichung <2 % ± 0,5 %.

Beispielsweise steigt die Härte von YT15 (TiC 20 % ± 1 %) auf HV 1800 ± 30, was nahe an P10 liegt.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Leistungsabweichung von <5 % ± 1 % und eine Lebensdauer von >10 Stunden ± 1 Stunde zu erreichen. Empfohlen:

Zusammensetzungskoordination: YG6 (Co 6 % 8 % ± 1 %), YT15 (TiC 10 % 15 % ± 1 %).

Kornoptimierung: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC hinzugefügt (0,2 % ± 0,01 %).

Gleichmäßige Beschichtung: TiAlN (25 μm ± 0,1 μm), gleichbleibende Leistung.

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

Teststandardisierung: ASTM E92, ISO 3685, Abweichung <2 % ± 0,5 %.
Prozessoptimierung: Sintern bei 1450°C±10°C, Porosität <0,1%±0,01%.
Beispielsweise beträgt die Zähigkeit von YG6 (K20-Verfahren) K_{1c} 14,5 MPa·m$^{1/2}$±0,5, mit einer Abweichung von <3%±1%.

10.7.3 ASTM- und JIS-Standards

Die Normen ASTM (USA) und JIS (Japan) regeln die Leistungsprüfung (Härte, Zähigkeit, Verschleiß) und Herstellung von Hartmetall (Zusammensetzungsabweichung <1 % ± 0,1 %). Sie sind mit ISO (Abweichung <2 % ± 0,5 %) abgestimmt und gewährleisten so eine globale Konsistenz (Leistungsabweichung <5 % ± 1 %). Geeignet für Schneidanwendungen (Lebensdauer > 10 Stunden ± 1 Stunde) und Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m).

Dieser Abschnitt beginnt mit der Abstimmung von Leistungstestspezifikationen und internationalen Standards.

10.7.3.1 Leistungsprüfvorschriften (Härte, Zähigkeit)

Grundlagen und technischer Überblick
ASTM (E92, C1327) und JIS (G0562, R1607) Spezifikationen für Härte- (HV 1600 - 2200±30), Zähigkeits- (K_{1c} 1020 MPa·m$^{1/2}$±0,5) und Verschleißtests (Verschleißrate <0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). Eindruck bei Härteprüfung (Diagonale <50 μm±1 μm), Rissausdehnung bei Zähigkeitsprüfung (<1 mm±0,01 mm).

Zur Ausstattung gehören ein Härteprüfgerät (Last 10 kg ± 0,1 kg), ein Bruchzähigkeitsprüfgerät (Last 1000 N ± 10 N) und ein Verschleißprüfgerät (Last 130 N ± 1 N). Die Prüfungen erfolgen nach ASTM E92 (Härte, Genauigkeit ± 30 HV) und JIS G0562 (Zähigkeit, Genauigkeit ± 0,5 MPa·m$^{1/2}$). Beispiel: YG8-Härte HV 1800 ± 30, K_{1c} 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5.

Mechanismus und Analyse
Der Härtetest wurde mit einem Diamanteindringkörper (Winkel 136°±0,5°) durchgeführt, um den Verformungswiderstand (Eindringtiefe <10 μm±0,1 μm) zu messen, und der Zähigkeitstest wurde mit einem SENB-Streifen (Kerbe <0,1 mm±0,01 mm) durchgeführt, um die Rissausdehnung (K_{1c}~14 MPa·m$^{1/2}$±0,5) zu messen. Die Abweichung zwischen den Ergebnissen von ASTM E92 und JIS G0562 betrug <2%±0,5%. SEM zeigte, dass der Eindruck regelmäßig (Abweichung <0,1%±0,01%) und die Risse einheitlich (<0,01 mm±0,001 mm) waren. Der Verschleißtest (ASTM G65) zeigte, dass die Verschleißrate von YG8 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m betrug .

Analyse der Einflussfaktoren
Belastung: 10 kg ± 0,1 kg (Härte), hohe Präzision; > 20 kg ± 0,1 kg, der Fehler erhöht sich um 5 % ± 1 %.
Probengröße: >5 mm±0,1 mm, die Zähigkeit ist genau; <3 mm±0,1 mm, die Abweichung erhöht

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

sich um 10 %±2 %.
Korngröße: 0,52 μm±0,01 μm , Test stabil; >5 μm±0,01 μm , Abweichung erhöht sich um 5%±1%.
Oberflächenbehandlung: Ra <0,2 μm ± 0,01 μm , hohe Präzision; >0,5 μm ± 0,01 μm , Fehlererhöhung 5 % ± 1 %.
Umgebung: Temperatur 2025 °C ± 1 °C, Abweichung < 2 % ± 0,5 %.
Beispielsweise erhöht sich die Härteabweichung von YG8 (Belastung 20 kg ± 0,1 kg) auf ± 50 HV.

Die Optimierungsstrategie
zielt darauf ab, eine Härtegenauigkeit von ±30 HV und eine Zähigkeitsgenauigkeit von ±0,5 MPa·m$^{1/2}$ zu erreichen. Folgende Vorgehensweisen werden empfohlen:
Testoptimierung: Belastung 10 kg ± 0,1 kg (Härte), 1000 N ± 10 N (Zähigkeit).
Probenoptimierung: Größe >5 mm±0,1 mm, Ra<0,2 μm±0,01 μm .
Kornkontrolle: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).
Kalibrierung: Standardprobe (Abweichung <0,1 % ± 0,01 %), Genauigkeit um 5 % ± 1 % erhöht.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), JIS G0562 (Zähigkeit).
Beispielsweise hat YG8 (10 kg ± 0,1 kg) eine Härte von HV 1800 ± 30 und einen K_{Ic} von 14 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5.

10.7.3.2 Internationale Normenkoordination

Grundlagen und technischer Überblick
Die ASTM-, JIS- und ISO-Normen sind aufeinander abgestimmt, um sicherzustellen, dass die Prüfabweichungen für Härte (HV 1600 – 2200 ± 30), Zähigkeit (K_{Ic} 10 – 20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) und Verschleiß (< 0,05 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m) < 2 % ± 0,5 % betragen. Beispielsweise entspricht ASTM E92 der Härteprüfung nach ISO 6507 und JIS R1607 der Zähigkeitsprüfung nach ISO 28079 mit einer Abweichung von < 1 % ± 0,2 %.

Die Tests umfassen einen normübergreifenden Vergleich (Härte, Zähigkeit, Verschleiß) und eine Zusammensetzungsanalyse (EDS, Genauigkeit ±0,1 %). Beispielsweise beträgt die Härte von YG8 nach ASTM-, JIS- und ISO-Tests HV 1800±30 mit einer Abweichung von <1 %±0,2 %.

Mechanismus und AnalyseASTM
E92 (Eindruck <50 μm ± 1 μm), ISO 6507 (Last 10 kg ± 0,1 kg) und JIS G0562 (Winkel 136° ± 0,5°) verwenden dasselbe Prinzip. Die Abweichung ist auf die Gerätekalibrierung zurückzuführen (<0,1 % ± 0,01 %). Zähigkeitsprüfungen (ASTM C1327, ISO 28079, JIS R1607) basieren auf SENB-Proben (Kerbe <0,1 mm ± 0,01 mm), und die Ergebnisse sind konsistent. EDS bestätigt, dass die Zusammensetzung (WC, Co, TiC) eine Abweichung von <0,1 % ± 0,02 % aufweist. Verschleißtests (ASTM G65, JIS H8503) zeigen, dass die Verschleißrate von YG8 0,04 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m beträgt und die Kreuzstandardabweichung <2 %±0,5 % ist.

Analyse der Einflussfaktoren
Gerätekalibrierung: Abweichung <0,1 % ± 0,01 %, die Ergebnisse sind konsistent; >0,5 % ± 0,01 %,

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

die Abweichung erhöht sich um 5 % ± 1 %.
Testbedingungen: Temperatur 2025 °C ± 1 °C, Abweichung <1 % ± 0,2 %; > 30 °C ± 1 °C, Abweichungserhöhung 5 % ± 1 %.
Probenvorbereitung: Ra <0,2 μm ± 0,01 μm , hohe Präzision; >0,5 μm ± 0,01 μm , Abweichung erhöht sich um 5 % ± 1 %.
Standarddifferenz: ASTM vs. ISO, Abweichung <2 % ± 0,5 %; Nicht-Standard, Abweichung erhöht sich um 10 % ± 2 %.
Zusammensetzungsabweichung: ±1 %, gleichbleibende Leistung; >±2 %, Abweichung erhöht sich um 5 %±1 %.
Beispielsweise erhöht sich die Härteabweichung von YG8 (Temperatur 30°C ± 1°C) auf ± 50 HV.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Kreuzstandardabweichung von <2 % ± 0,5 % zu erreichen. Es wird empfohlen:
Kalibrierungsoptimierung: Geräteabweichung <0,1 % ± 0,01 %, Genauigkeit um 5 % ± 1 % erhöht.
Zustandskontrolle: Temperatur 2025 °C ± 1 °C, Luftfeuchtigkeit < 50 % ± 5 %.
Probenoptimierung: Ra <0,2 μm ± 0,01 μm , Größe > 5 mm ± 0,1 mm.
Standardvereinheitlichung: ISO 6507, ASTM E92 und JIS G0562 werden bevorzugt.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 28079 (Zähigkeit).
Beispielsweise hat YG8 (Kalibrierung <0,1 % ± 0,01 %) eine Härte von HV 1800 ± 30 und eine Abweichung von <1 % ± 0,2 %.

10.7.4 Sortenauswahl und -optimierung
Die Sortenauswahl erfolgt abgestimmt auf die Einsatzbedingungen (Schnittgeschwindigkeit 500 - 2000 m/min ± 10 m/min, Stoßbelastung < 1000 N ± 100 N) und Eigenschaften (Härte HV 1600 - 2200 ± 30, Zähigkeit K_{1c} 1020 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5), um eine Standzeit von > 10 h ± 1 h bzw. > 10^6 ± 10^5-fach zu gewährleisten. Optimieren Sie Ihre Auswahl mit Datenblättern und Fallstudien.

Dieser Abschnitt beginnt mit der Anpassung an Arbeitsbedingungen und Leistungsdatentabellen.

10.7.4.1 Anpassung an die Arbeitsbedingungen (Schnittgeschwindigkeit, Stoßbelastung)

Grundlagen und technischer Überblick
Bei der Sortenauswahl werden Schnittgeschwindigkeit (500 – 2000 m/min ± 10 m/min), Stoßbelastung (< 1000 N ± 100 N) und Werkstoff des Werkstücks (Stahl HV 200 – 400 ± 10, Gusseisen HV 150 – 250 ± 10) berücksichtigt. P10/YT15 eignet sich für die Bearbeitung von Schnellarbeitsstahl (> 1000 m/min ± 10 m/min), K20/YG6 für Gusseisen mit mittlerer Geschwindigkeit (800 – 1200 m/min ± 10 m/min) und YG8 für hohe Stoßbelastungen (> 500 N ± 50 N).

Die Tests umfassen Schneidleistung (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm), Schlagzähigkeit (ISO 3327, Genauigkeit ±10 MPa) und Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm³/ Nm). Beispielsweise beträgt die Bearbeitungslebensdauer von YT15-Stahl 12 Stunden ±1 Stunde und die

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

Schlagbelastung von YG8 600 N ±50 N.

Mechanismus und Analyse:

Hochgeschwindigkeitsschneiden (>1000 m/min±10 m/min) erfordert eine hohe Härte (HV>1800±30, YT15/P10), mittlere Geschwindigkeit (800–1200 m/min±10 m/min) erfordert eine ausgewogene Leistung (K20/YG6) und hohe Schlagzähigkeit (>500 N±50 N) erfordert eine hohe Zähigkeit ($K_{1}c$ > 14 MPa·$m^{1/2}$±0,5, YG8). Eine Beschichtung (TiAlN , 2 μm±0,1 μm) erhöht die Lebensdauer um 30 %±5 %. Die SEM zeigt, dass YT15 gleichmäßig verschleißt (Tiefe <0,01 mm±0,001 mm) und YG8 deutliche Bruchzähigkeitseigenschaften aufweist (Grübchen <1 μm±0,1 μm). Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer von YT15 12 Stunden ± 1 Stunde beträgt, was besser ist als die von YG6 (10 Stunden ± 1 Stunde).

Analyse der Einflussfaktoren

Schnittgeschwindigkeit: >1000 m/min±10 m/min, YT15 ist ausgezeichnet; <800 m/min±10 m/min, YG6 ist anwendbar.
Stoßbelastung: >500 N±50 N, YG8 ist ausgezeichnet; <200 N±50 N, YT15 ist anwendbar.
Härte des Werkstücks: HV > 400 ± 10, P10 ist ausgezeichnet; < 250 ± 10, K20 ist anwendbar.
Beschichtung: TiAlN , Lebensdauer um 30 % ± 5 % erhöht; ohne Beschichtung verringerte sich die Lebensdauer um 20 % ± 3 %.
Kühlmittel: Auf Ölbasis, Verschleißrate um 10 %±2 % reduziert; auf Wasserbasis, Verschleißrate um 10 %±2 % erhöht.

Beispielsweise reduziert sich die Lebensdauer von YG6 (Geschwindigkeit 1500 m/min ± 10 m/min) auf 8 Stunden ± 1 Stunde.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Lebensdauer von >10 Stunden ±1 Stunde und eine Verschleißrate von <0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m zu erreichen . Empfehlungen:
Markenabgleich: YT15/P10 (hohe Geschwindigkeit), YG6/K20 (mittlere Geschwindigkeit), YG8 (hohe Schlagkraft).
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Lebensdauer um 30 %±5 % erhöht.
Prozessoptimierung: Kühlmittel auf Ölbasis, Drehzahl an die Arbeitsbedingungen angepasst.
Kornoptimierung: 0,52 μm±0,01 μm , angepasst an die Arbeitsbedingungen.
Prüfvorschriften: ISO 3685 (Schneiden), ISO 3327 (Schlag).
Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von YT15 (TiAlN , 1000 m/min±10 m/min) 12 Stunden±1 Stunde.

10.7.4.2 Leistungsdatenblatt (Härte, Festigkeit, Zähigkeit)

Grundlagen und technischer ÜberblickLeistung

Datentabellen mit Härte (HV 1600 - 2200±30), Festigkeit (>4000 MPa±50 MPa), Zähigkeit (K_{1} c 10 - 20 MPa·$m^{1/2}$±0,5) und Verschleißrate (<0,05 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m) dienen als

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

Orientierungshilfe bei der Sortenauswahl. Die Daten wurden mit standardisierten Tests (ASTM E92, ISO 3327, ASTM G65) mit einer Abweichung von <2 %±0,5 % ermittelt.

Geprüft werden Härte (ASTM E92, Genauigkeit ±30 HV), Festigkeit (ISO 3327, Genauigkeit ±10 MPa), Zähigkeit (ISO 28079, Genauigkeit ±0,5 MPa·$m^{1/2}$) und Verschleiß (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ N·m). Beispielsweise hat YG8 eine Härte von 1800±30 HV und eine Festigkeit von 4200 MPa±50 MPa.

Die Mechanismusanalyse

zeigt, dass die Härte (HV 1800±30) durch den WC-Gehalt (>90%±1%) und die Korngröße (0,52 μm±0,01 μm) bestimmt wird, die Festigkeit (>4000 MPa±50 MPa) mit Co (6%12%±1%) und Porosität (<0,1%±0,01%) zusammenhängt und die Zähigkeit (K_{1c} 14 MPa·$m^{1/2}$±0,5) durch das Co-Netzwerk (Volumenanteil >10%±1%) bereitgestellt wird. SEM zeigt, dass die Vertiefung von YG8 regelmäßig ist (<50 μm±1 μm) und die Bruchzähigkeitseigenschaften deutlich sind (Grübchen <1 μm±0,1 μm). Die Datentabelle zeigt, dass die Härte von YT15 HV 1700±30 besser ist als die von YG6 (HV 1500±30).

Leistungsdatentabelle für Hartmetall
(Härte HV ± 30, Festigkeit MPa ± 50, Zähigkeit MPa $m^{1/2}$ ± 0,5, Verschleißrate mm^3/N m ± 0,01)

Marke	Härte (HV)	Festigkeit (MPa)	Zähigkeit (K_{1c})	Verschleißrate	Anwendung
YG6	1500	3800	14	0,05	Gusseisen, mittlere Schnittgeschwindigkeit
YG8	1800	4200	16	0,04	Schlagfeste, verschleißfeste Teile
YT15	1700	3500	12	0,03	Stahl , Hochgeschwindigkeitsschneiden
Platz 10	1900	3600	12	0,03	Stahl , Hochgeschwindigkeitsschneiden
K20	1600	4000	15	0,05	Gusseisen, mittlere Schnittgeschwindigkeit

Analyse der Einflussfaktoren

Härte: HV > 1800 ± 30, ausgezeichnete Verschleißfestigkeit; < 1600 ± 30, Verschleißrate erhöht sich um 15 % ± 3 %.

Festigkeit: >4000 MPa±50, ausgezeichnete Schlagfestigkeit; <3500 MPa±50, Bruchrate um 10 %±2 % erhöht.

Zähigkeit: K_{1c} > 14 MPa·$m^{1/2}$±0,5, ausgezeichnete Rissbeständigkeit; <10 MPa·$m^{1/2}$±0,5, Rissrate erhöht sich um 10 %±2 %.

Korngröße: 0,52 μm ± 0,01 μm , ausgewogene Leistung; > 5 μm ± 0,01 μm , Festigkeitsabfall um

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

10 % ± 2 %.
Beschichtung: TiAlN , Verschleißrate um 20 % ± 3 % verringert; ohne Beschichtung, Verschleißrate um 15 % ± 3 % erhöht.

Beispielsweise sinkt die Festigkeit von YG6 (Korngröße 5 μm ± 0,01 μm) auf 3500 MPa ± 50 MPa.
Optimierungsstrategie
Um eine Härte HV 1600 - 2200 ± 30 und eine Zähigkeit $K_{1}c$ 10 - 20 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5 zu erreichen, wird Folgendes empfohlen:
Markenoptimierung: YT15 (hohe Geschwindigkeit), YG8 (hohe Wirkung), YG6 (mittlere Geschwindigkeit).
Kornoptimierung: 0,52 μm ± 0,01 μm , VC hinzugefügt (0,2 % ± 0,01 %).
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm ± 0,1 μm), Leistungssteigerung um 30 % ± 5 %.
HIP-Optimierung: 1400 °C ± 10 °C, 150 MPa ± 1 MPa, Porosität < 0,1 % ± 0,01 %.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 3327 (Festigkeit).

Beispielsweise hat YG8 (TiAlN , 0,5 μm±0,01 μm) eine Härte von HV 1800±30 und eine Verschleißrate von 0,04 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

10.8 Klassifikationsentwicklungstrend

Der Entwicklungstrend bei der Klassifizierung von Hartmetall konzentriert sich auf Funktionalisierung (Verschleißfestigkeit <0,03 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m , Korrosionsbeständigkeit <0,005 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr), Nano- und Gradientenstruktur (Korn <100 nm±10 nm, Co-Gradient 0 %15 %±1 %), grüne Nachhaltigkeit (Co-frei, Recyclingrate >95 %±2 %) und datengesteuert (Vorhersagegenauigkeit künstlicher Intelligenz >90 %±2 %), um hohe Leistungsanforderungen (Härte HV 2000 – 3000±30, Zähigkeit $K_{1}c$ 10 – 25 MPa·m$^{1/2}$±0,5) und Umweltschutzanforderungen (Kohlenstoffemissionen <5 kg/kg±0,5 kg/kg) zu erfüllen.

Durch neue Materialien (Nano-WC, Fe-basierte Bindemittel), neue Prozesse (Additive Fertigung, Plasmasintern) und neue Technologien (Künstliche Intelligenz, Datenbanken) werden wir die Verfeinerung der Klassifizierung (Abweichung <2 % ± 0,5 %) und die Anwendungserweiterung (Schneiden, Energie, Biomedizin) vorantreiben.

In diesem Abschnitt werden zukünftige Trends und technologische Wege aus der Perspektive der Funktionalisierung und Verbundklassifizierung, der Klassifizierung von Nano- und Gradientenstrukturen, der grünen und nachhaltigen Klassifizierung sowie datengesteuerter Klassifizierungsmethoden analysiert.

10.8.1 Funktionalisierung und Verbindungsklassifizierung

Funktionalisiertes und zusammengesetztes Hartmetall erfüllt die Anforderungen der Luft- und

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

Raumfahrt (Lebensdauer > 10^5-fach ± 10^4-fach), der Energie (Wirkungsgrad > 90 % ± 2 %) und der Medizin (Biokompatibilität > 95 % ± 2 %) durch multifunktionale (Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Leitfähigkeit) und bionische intelligente Eigenschaften (Anpassungsfähigkeit > 80 % ± 5 %). Verbundwerkstoffe (WCCoTiC , bionische Struktur) und Beschichtungen (TiAlN , DLC) bilden den Kern.

10.8.1.1 Verschleißfeste, korrosionsbeständige und leitfähige Multifunktionslegierungen

Grundprinzipien und technischer Überblick

Multifunktionales Hartmetall vereint Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,03 $mm^3/N·m$±0,01 mm^3/ N·m), Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate <0,005 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr) und elektrische Leitfähigkeit (>10^6 S/m±10^5 S/m) durch Zugabe von TiC (5 % 15 % ± 1 %), Cr_3C_2 (2 % 5 % ± 0,5 %) und einer leitfähigen Phase (wie Graphit, 1 % 3 % ± 0,2 %). Korngröße 0,51 µm ± 0,01 µm , Beschichtung (TiAlN , 25 µm ± 0,1 µm) verbessert die Leistung.

Geprüft werden unter anderem Verschleißfestigkeit (ASTM G65, Genauigkeit ±0,01 mm^3/ Nm), Korrosionsbeständigkeit (ASTM G31, Genauigkeit ±0,001 mm/Jahr) und elektrische Leitfähigkeit (Vier-Sonden-Methode, Genauigkeit ±10^4 S/m). Beispielsweise beträgt die Verschleißrate von WC6CoTiC (TiC 5 % ± 1 %) 0,02 mm^3/Nm ± 0,01 mm^3/ Nm und die elektrische Leitfähigkeit 1,2 × 10^6 S/m ± 10^5 S/m .

Mechanismus- und LeistungsanalyseTiC

(5 %15 %±1 %) verbessert die Härte (HV 2000±30), Cr_3C_2 (2 %5 %±0,5 %) bildet eine Cr_2O_3 -Schutzschicht (Dicke <0,1 µm±0,01 µm) und verringert so die Korrosionsrate (<0,005 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr). Graphit (1 %3 %±0,2 %) bildet ein leitfähiges Netzwerk (spezifischer Widerstand <10^{-6}Ω·m±10^{-7}Ω·m). Rasterelektronenmikroskopie (REM) zeigt, dass die TiC- Partikel gleichmäßig sind (Größe 0,51 µm±0,01 µm), und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) bestätigt Cr_2O_3 (Cr2p ~577 eV±0,1 eV).

Verschleißfestigkeitstests zeigen, dass WC6CoTiC besser ist als YG6 (Verschleißrate 0,05 $mm^3/N·m$±0,01 mm^3/ N·m). Leitfähigkeitstests zeigen, dass die Leitfähigkeit nach Zugabe von Graphit um 50 %±5 % steigt.

Analyse der Einflussfaktoren

TiC- Gehalt: 5 % 15 % ± 1 %, Härte um 20 % ± 3 % erhöht; > 20 % ± 1 %, Zähigkeit um 10 % ± 2 % verringert.

Cr_3C_2 -Gehalt: 2 % 5 % ± 0,5 %, Korrosionsbeständigkeit um 30 % ± 5 % erhöht; > 10 % ± 0,5 %, Härte um 10 % ± 2 % verringert.

Graphitgehalt: 1 % 3 % ± 0,2 %, Leitfähigkeit um 50 % ± 5 % erhöht; > 5 % ± 0,2 %, Festigkeit um 15 % ± 3 % verringert.

Korngröße: 0,51 µm ± 0,01 µm , hervorragende Leistung; > 2 µm ± 0,01 µm , Verschleißfestigkeit um 10 % ± 2 % reduziert.

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

Beschichtungsdicke: 25 μm ± 0,1 μm , hervorragende Gesamtleistung; > 10 μm ± 0,1 μm , Ablöserate erhöht sich um 15 % ± 3 %.
Beispielsweise erhöht sich die Korrosionsrate von WC6Co (ohne TiC) auf 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr.

Die Optimierungsstrategie
zielt darauf ab, eine Verschleißrate von <0,03 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$ und eine Korrosionsbeständigkeit von <0,005 mm/Jahr±0,001 mm/Jahr zu erreichen. Folgende Maßnahmen werden empfohlen:
Optimierung der Zusammensetzung: TiC 5 % 10 % ± 1 %, Cr_3C_2 2 % 5 % ± 0,5 %, Graphit 1 % 3 % ± 0,2 %.
Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm ± 0,1 μm), Gesamtleistung um 30 % ± 5 % verbessert.
Sinteroptimierung: Plasmasintern (SPS, 1400°C±10°C, 50 MPa±1 MPa), Porosität <0,1%±0,01%.
Prüfspezifikationen: ASTM G65 (Abriebfestigkeit), ASTM G31 (Korrosionsbeständigkeit).

Beispielsweise beträgt die Verschleißrate von WC6CoTiC (SPS, TiAlN- Beschichtung) 0,02 $mm^3/N·m$±0,01 $mm^3/ N·m$ und die Leitfähigkeit 1,2 $×10^6$ S/m±10^5 S/m.

10.8.1.2 Bionik und intelligentes Hartmetall

Grundprinzipien und technischer Überblick
Bionisches und intelligentes Hartmetall erreicht Anpassungsfähigkeit (Dehnung <0,01 % ± 0,001 %) und Selbstheilung (Rissreparaturrate > 50 % ± 5 %) durch Nachahmung natürlicher Strukturen (wie Schalenschichten, Bambusfasern) oder integrierte Sensoren (Reaktionszeit <1 ms ± 0,1 ms). Das Material enthält eine WCCo- Matrix (Co 6 % 10 % ± 1 %) und eine Funktionsphase (wie NiTi , 2 % 5 % ± 0,5 %) und wird durch selektives Laserschmelzen (SLM, Leistung 300–400 W ± 10 W) oder eingebettete Sensoren (Größe <0,1 mm ± 0,01 mm) hergestellt.

Zu den Tests gehören Anpassungsfähigkeit (Dehnungsmessstreifen, Genauigkeit ±0,001 %), Reparaturrate (SEM, Auflösung <0,1 μm ±0,01 μm) und Lebensdauer (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm). Beispielsweise beträgt die Anpassungsfähigkeit der bionischen Legierung WC6CoNiTi 85 % ±5 % und die Lebensdauer 12 Stunden ±1 Stunde.

Mechanismus- und Leistungsanalyse
Die geschichtete Schalenstruktur (WC-Schicht 0,10,5 mm ± 0,01 mm) verbessert die Zähigkeit (K_{1c} 15 MPa $m^{1/2}$ ± 0,5), NiTi (2 % 5 % ± 0,5 %) bietet Formgedächtnis (Rückgewinnungsrate > 90 % ± 2 %) und der Sensor (Widerstandsänderung < 0,1 Ω ± 0,01 Ω) überwacht die Spannung (< 100 MPa ± 10 MPa). SEM zeigt, dass die geschichtete Struktur versetzt ist (Winkel < 10° ± 1°), und energiedispersive Spektroskopie (EDS) bestätigt die NiTi- Verteilung (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %).

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

Selbstreparaturtests zeigen, dass die Rissreparaturrate der NiTi- Legierung 60 % ± 5 % beträgt, was besser ist als bei YG6 (<10 % ± 2 %). Lebensdauertests zeigen, dass die Lebensdauer der bionischen Legierung 12 Stunden ± 1 Stunde beträgt, eine Steigerung von 20 % ± 3 %.

Analyse der Einflussfaktoren

Schichtdicke: 0,10,5 mm ± 0,01 mm, Zähigkeit um 20 % ± 3 % erhöht; > 1 mm ± 0,01 mm, Festigkeit um 10 % ± 2 % verringert.

NiTi -Gehalt: 2 % 5 % ± 0,5 %, hohe Reparaturrate; > 10 % ± 0,5 %, Härte um 15 % ± 3 % reduziert.

Sensorgröße: <0,1 mm ± 0,01 mm, schnelle Reaktion; >0,5 mm ± 0,01 mm, Interferenz nimmt um 10 % ± 2 % zu.

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , hervorragende Leistung; > 2 μm ± 0,01 μm , Zähigkeit um 10 % ± 2 % reduziert.

SLM-Leistung: 300400 W±10 W, Dichte >99 %±0,1 %; <200 W±10 W, Porosität um 10 %±2 % erhöht.

Beispielsweise beträgt die Reparaturrate von WC6Co (ohne NiTi) <10 % ± 2 %.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Anpassungsfähigkeit von > 80 % ± 5 % und eine Lebensdauer von > 10 Stunden ± 1 Stunde zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:

Strukturoptimierung: Schichtdicke 0,10,5 mm±0,01 mm, NiTi 2%5%±0,5%.

SLM-Optimierung: Leistung 300400 W ± 10 W, Schichtdicke 5080 μm ± 1 μm .

Sensoroptimierung: Größe <0,1 mm±0,01 mm, Reaktionszeit <1 ms±0,1 ms.

Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).

Prüfspezifikationen: ISO 3685 (Lebensdauer), SEM (Reparaturrate).

Beispielsweise weist WC6CoNiTi (SLM, Schichtdicke 0,2 mm ± 0,01 mm) eine Anpassungsfähigkeit von 85 % ± 5 % und eine Lebensdauer von 12 Stunden ± 1 Stunde auf.

10.8.2 Klassifizierung von Nanostrukturen und Gradientenstrukturen

Hartmetall mit Nano- und Gradientenstruktur verbessert die Härte (HV 2500–3000 ± 30), Zähigkeit (K_{1c} 1020 MPa·m$^{1/2}$ ± 0,5) und Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,02 mm^3/N·m ± 0,01 mm^3/ N·m) durch Korngröße < 100 nm ± 10 nm und einen Gradienten des Co-Gehalts (0 %–15 % ± 1 %). Es eignet sich für die Präzisionsbearbeitung (Genauigkeit < 0,01 mm ± 0,001 mm) und verschleißfeste Teile (Lebensdauer > 10^4 Std. ± 10^3 Std.). Die Technologie umfasst Nanopulver (Aufdampfen) und Gradientensintern (1450 °C ± 10 °C).

10.8.2.1 Nano-WC basiert (Korngröße < 100 nm)

Grundlegende Prinzipien und technischer Überblick

Die auf Nano-WC basierende Legierung (Korngröße 50100 nm±10 nm) weist eine hohe Härte (HV 25003000±30) und geringe Reibung (Koeffizient <0,2±0,05) auf, wodurch die Verschleißfestigkeit verbessert wird (Verschleißrate <0,02 mm^3/N·m±0,01 mm^3/ N·m). Der Co-Gehalt beträgt

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

6 %10 %±1 %, und das Nanopulver wird durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD, Abscheidungsrate 15 nm/s±0,1 nm/s) hergestellt und durch Plasmasintern (SPS, 1400 °C±10 °C, 50 MPa±1 MPa) geformt.

Zu den Tests gehören Härte (ASTM E92, Belastung 5 kg ± 0,1 kg), Korngröße (Transmissionselektronenmikroskop TEM, Auflösung <0,1 nm ± 0,01 nm) und Verschleißfestigkeit (ASTM G99, Genauigkeit ± 0,01 mm³/ N·m). Beispielsweise beträgt die Härte von Nano-WC6Co HV 2800 ± 30 und die Verschleißrate 0,015 mm³/ N·m ± 0,01 mm³/ N·m .

Mechanismus- und LeistungsanalyseNano

-Körner (50100 nm±10 nm) erhöhen die Härte (HV 2800±30) durch den Hall-Petch- Effekt (Härte $d^{-1/2}$, d ist die Korngröße) und feine Korngrenzen (Volumenanteil > 20 % ± 2 %) verhindern die Rissausbreitung (K_{1c} 12 MPa·m$^{1/2}$±0,5). TEM zeigt, dass die WC-Körner gleichmäßig sind (Abweichung < 5 % ± 1 %) und die Co-Phase kontinuierlich ist (Dicke < 10 nm ± 1 nm). Verschleißfestigkeitstests zeigen, dass Nano-WC6Co dem mikrometergroßen YG6 überlegen ist (Verschleißrate 0,05 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m). Röntgenbeugung (XRD) bestätigt die WC-Phase (2θ35,6°±0,1°) und keine Verunreinigungsphase (<

Analyse der Einflussfaktoren

Korngröße: 50100 nm±10 nm, Härte um 30 %±5 % erhöht; >200 nm±10 nm, Härte um 20 %±3 % verringert.
Co-Gehalt: 6 % 10 % ± 1 %, ausgewogene Zähigkeit; < 6 % ± 1 %, K_{1c} nimmt um 10 % ± 2 % ab.
Sintertemperatur: 1400 °C ± 10 °C, Kornstabilität; > 1500 °C ± 10 °C, Kornwachstum 20 % ± 3 %.
Pulverreinheit: >99,9 % ± 0,1 %, hervorragende Leistung; <99,5 % ± 0,1 %, Zunahme der Verunreinigung 10 % ± 2 %.
Beschichtung: DLC (12 μm ± 0,1 μm), Verschleißrate um 20 % ± 3 % reduziert.
Beispielsweise sinkt die Härte von Nano-WC6Co (Korngröße 200 nm ± 10 nm) auf HV 2200 ± 30.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Härte von HV 2500–3000±30 und eine Verschleißrate von <0,02 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m zu erreichen . Es wird empfohlen:
Pulveroptimierung: Korngröße 50100 nm±10 nm, Reinheit >99,9 %±0,1 %.
Sinteroptimierung: SPS (1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa), Porosität <0,1 % ± 0,01 %.
Co-Optimierung: 6 % 10 % ± 1 %, VC hinzugefügt (0,2 % ± 0,01 %).
Beschichtungsoptimierung: DLC (12 μm ± 0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 20 % ± 3 % erhöht.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), TEM (Korngröße).

Beispielsweise hat Nano-WC6Co (SPS, DLC-Beschichtung) eine Härte von HV 2800±30 und eine Verschleißrate von 0,015 mm³/N·m±0,01 mm³/ N·m .

10.8.2.2 Gradient Co-Gehalt

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

Grundprinzip und Technologieübersicht

Die Legierung mit abgestuftem Co-Gehalt (0 % 5 % ± 1 % an der Oberfläche, 10 % 15 % ± 1 % im Kern) optimiert die Gesamtleistung durch hohe Oberflächenhärte (HV 2200 ± 30) und hohe Kernzähigkeit ($K_{1}c$ 15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) und eignet sich für Schneidwerkzeuge (Lebensdauer > 12 Stunden ± 1 Stunde) und Formen (Lebensdauer > 10^{6}-mal ± 10^{5}- mal) . Sie wird durch Pulverlaminierung (Schichtdicke 0,11 mm ± 0,01 mm) und Gradientensintern (1450 °C ± 10 °C) hergestellt.

Zu den Tests gehören Härtegradient (ASTM E92, Genauigkeit ±30 HV), Zähigkeit (ISO 28079, Genauigkeit ±0,5 MPa·$m^{1/2}$) und Lebensdauer (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm). Beispiel: WCCo- Härtegradient HV 2200±30 (Oberfläche), Zähigkeit K_{1} c 15 MPa·$m^{1/2}$±0,5 (Kern).

Mechanismus- und Leistungsanalyse:

Eine Oberflächenschicht mit niedrigem Co-Gehalt (0 % 5 % ± 1 %) verbessert die Härte (HV 2200 ± 30), ein Kern mit hohem Co-Gehalt (10 % 15 % ± 1 %) erhöht die Zähigkeit ($K_{1}c$ 15 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5). Eine graduelle Übergangsschicht (Dicke 0,10,5 mm ± 0,01 mm) reduziert die Spannungskonzentration (Spannungskonzentrationskoeffizient K_t < 1,3 ± 0,05). SEM zeigt, dass sich der Co-Gehalt kontinuierlich ändert (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %), und EDS bestätigt die Gradientenverteilung (Co 2p ~ 779 eV ± 0,1 eV). Schneidtests zeigen, dass die Lebensdauer von graduellem WCCo 12 Stunden ± 1 Stunde beträgt, was besser ist als die von gleichmäßigem YG6 (10 Stunden ± 1 Stunde).

Analyse der Einflussfaktoren

Co-Gradient: 0 % 15 % ± 1 %, hervorragende Leistung; gleichmäßiges Co, Härte um 10 % ± 2 % reduziert.

Dicke der Übergangsschicht: 0,10,5 mm ± 0,01 mm, K_t ist niedrig; >1 mm ± 0,01 mm, K_t steigt um 10 % ± 2 %.

Korngröße: 0,51 μm ± 0,01 μm , hohe Härte; > 2 μm ± 0,01 μm , Zähigkeit um 10 % ± 2 % erhöht.

Sintertemperatur: 1450 °C ± 10 °C, Gradient ist stabil; > 1500 °C ± 10 °C, Co-Diffusion nimmt um 10 % ± 2 % zu.

Beschichtung: TiAlN (2 μm±0,1 μm), Lebensdauer um 20%±3% erhöht.

Beispielsweise sinkt die durchschnittliche Lebensdauer von WC6Co auf 10 Stunden ± 1 Stunde .

Die Optimierungsstrategie

zielt darauf ab, eine Härte von HV 2200±30 und eine Zähigkeit von K_{1} c 15 MPa·$m^{1/2}$±0,5 zu erreichen. Empfohlen wird:

Gradientenoptimierung: Oberfläche Co 0 % 5 % ± 1 %, Kern 10 % 15 % ± 1 %.

Sinteroptimierung: 1450°C±10°C, Übergangsschicht 0,10,5 mm±0,01 mm.

Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).

Beschichtungsoptimierung: TiAlN (25 μm±0,1 μm), Lebensdauer um 20 %±3 % erhöht.

Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 3685 (Lebensdauer).

Beispielsweise beträgt die Härte von WCCo mit Gradient (TiAlN- Beschichtung) HV 2200±30 und

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

die Lebensdauer 12 Stunden±1 Stunde.

10.8.3 Grüne und nachhaltige Kategorien

Grünes und nachhaltiges Hartmetall reduziert die Umweltbelastung (Kohlenstoffemissionen < 5 kg/kg ± 0,5 kg/kg) durch Co-freies Bindemittel (Fe-basiert, keramikbasiert) und eine hohe Rückgewinnungsrate (> 95 % ± 2 %) und erfüllt die Anforderungen an Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/ N·m$) und Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr). Zu den Technologien gehören Fe-basierte Legierungen (Fe 5 % 10 % ± 1 %) und Chemikalienrückgewinnung (Effizienz > 95 % ± 2 %).

10.8.3.1 Co-freies Hartmetall (Fe-basiert, Keramik-basiert)

Grundprinzip und Technologieübersicht

Co-freies Hartmetall verwendet Fe (5 % 10 % ± 1 %) oder eine Keramikmatrix (TiC , Si_3N_4 , 10 % 20 % ± 1 %) als Ersatz für Co, mit einer Härte von HV 1800–2200 ± 30, einer Zähigkeit von K_{1c} 812 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5 und einer Kohlenstoffemission von < 5 kg/kg ± 0,5 kg/kg. Die Herstellung erfolgt durch Plasmasintern (SPS, 1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa) oder Heißpressen (1600 °C ± 10 °C, 30 MPa ± 1 MPa).

Geprüft werden unter anderem Härte (ASTM E92, Genauigkeit ±30 HV), Zähigkeit (ISO 28079, Genauigkeit ±0,5 $MPa·m^{1/2}$) und Umweltverträglichkeit (ISO 14040, Genauigkeit ±0,5 kg/kg). WC8Fe hat beispielsweise eine Härte von 2000 ±30 HV und einen Kohlenstoffausstoß von 4,5 kg/kg ±0,5 kg/kg.

Mechanismus- und LeistungsanalyseFe

Matrix (5 % 10 % ± 1 %) sorgt für Zähigkeit (K_{1c} 10 $MPa·m^{1/2}$ ± 0,5), TiC (10 % 20 % ± 1 %) verbessert die Härte (HV 2000 ± 30). Keramikmatrix (Si_3N_4) verbessert die Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr ± 0,001 mm/Jahr). SEM zeigt, dass die Fe-Phase gleichmäßig ist (Größe < 1 µm ± 0,1 µm) und TiC- Partikel eingebettet sind (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %). Verschleißfestigkeitstests zeigen, dass WC8Fe besser ist als YG6 (Verschleißrate 0,05 $mm^3/N·m$ ± 0,01 $mm^3/ N·m$). Umweltanalysen bestätigen, dass die Fe-basierten Kohlenstoffemissionen um 20 % ± 3 % reduziert werden.

Analyse der Einflussfaktoren

Fe-Gehalt: 5 % 10 % ± 1 %, Zähigkeit ist ausgeglichen; > 15 % ± 1 %, Härte nimmt um 10 % ± 2 % ab.

Keramikgehalt: 10 % 20 % ± 1 %, Korrosionsbeständigkeit um 20 % ± 3 % erhöht; > 30 % ± 1 %, K_{1c} um 10 % ± 2 % verringert.

Sintertemperatur: 1400 °C ± 10 °C, hervorragende Leistung; > 1500 °C ± 10 °C, Kornwachstum 10 % ± 2 %.

Korngröße: 0,51 µm ± 0,01 µm , hohe Härte; > 2 µm ± 0,01 µm , Zähigkeit um 10 % ± 2 % erhöht.

Umwelt: Auf Fe-Basis sanken die Kohlenstoffemissionen um 20 %±3 %; auf Co-Basis stiegen die

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

Emissionen um 30 %±5 %.
Beispielsweise sinkt die Härte von WC15Fe auf HV 1800±30.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Härte von HV 1800 – 2200 ± 30 und einen Kohlenstoffausstoß von <5 kg/kg ± 0,5 kg/kg zu erreichen. Empfohlen:
Bindemitteloptimierung: Fe 5 % 10 % ± 1 %, TiC 10 % 20 % ± 1 %.
Sinteroptimierung: SPS (1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa), Porosität <0,1 % ± 0,01 %.
Kornkontrolle: 0,51 μm ± 0,01 μm , VC-Zugabe (0,2 % ± 0,01 %).
Beschichtungsoptimierung: TiAlN (2 μm ± 0,1 μm), Verschleißfestigkeit um 20 % ± 3 % verbessert.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 14040 (Umwelt).
Beispielsweise hat WC8Fe (SPS, TiAlN -Beschichtung) eine Härte von HV 2000±30 und eine Kohlenstoffemission von 4,5 kg/kg±0,5 kg/kg.

10.8.3.2 Recycelbares Hartmetall (Recyclingquote > 95 %)

Grundlagen und TechnologieübersichtRecycelbar
Hartmetall wird chemisch recycelt (Zn-Methode, Wirkungsgrad > 95 % ± 2 %) und physikalisch zerkleinert (Partikel < 50 μm ± 5 μm), um eine WC- und Co-Trennung zu erreichen (Reinheit > 99 % ± 0,1 %), Kohlenstoffemissionen < 3 kg/kg ± 0,5 kg/kg. Härte HV 1600 – 2000 ± 30, Zähigkeit K_{1c} 1015 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5, Leistungsabweichung von der Originallegierung < 5 % ± 1 %.

Die Tests umfassen die Rückgewinnungsrate (chemische Analyse, Genauigkeit ± 0,1 %), die Leistung (ASTM E92, Genauigkeit ± 30 HV) und die Umweltverträglichkeit (ISO 14040, Genauigkeit ± 0,5 kg/kg). Beispielsweise beträgt die Rückgewinnung von WC6Co mit einer Härte von 1800 ± 30 HV 96 % ± 2 %.

Mechanismus- und Leistungsanalyse:
Die Zn-Methode (600–800 °C ± 10 °C) löst Co (Rückgewinnungsrate > 95 % ± 2 %) durch flüssiges Zn (Schmelzpunkt 419 °C ± 1 °C), und die WC-Partikel bleiben intakt (Größenänderung < 1 % ± 0,1 %). Durch physikalisches Zerkleinern (Aufprallenergie < 10 J ± 1 J) entsteht feines Pulver (< 50 μm ± 5 μm). SEM zeigt, dass die zurückgewonnenen WC-Partikel klare Kanten und Ecken haben (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %), und EDS bestätigt, dass der Co-Rückstand < 0,1 % ± 0,01 % beträgt. Leistungstests zeigen, dass die Härte des zurückgewonnenen WC6Co HV 1800 ± 30 beträgt, was der ursprünglichen Legierung (HV 1800 ± 30) entspricht.

Analyse der Einflussfaktoren
Wiederherstellungstemperatur: 600–800 °C ± 10 °C, hohe Effizienz; > 1000 °C ± 10 °C, WC-Oxidation steigt um 10 % ± 2 %.
Zn-Reinheit: >99,9 % ± 0,1 %, hohe Co-Rückgewinnungsrate; <99,5 % ± 0,1 %, Verunreinigungen nehmen um 5 % ± 1 % zu.
Partikelgröße: <50 μm±5 μm , Leistung ist konstant; >100 μm±5 μm , Härte nimmt um 5 %±1 %

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

ab.
Recyclingzeiten: 13-mal, stabile Leistung; >5-mal, Härte nimmt um 10 % ± 2 % ab.
Umwelt: Zn-Methode, Kohlenstoffemission <3 kg/kg ± 0,5 kg/kg; Säureauflösungsmethode, Emission um 20 % ± 3 % erhöht.
Beispielsweise sinkt die Härte von recyceltem WC6Co (Temperatur 1000 °C ± 10 °C) auf HV 1700 ± 30.

Die Optimierungsstrategie
besteht darin, eine Rückgewinnungsrate von >95 % ± 2 % und eine Härte von HV 1600 – 2000 ± 30 zu erreichen. Empfohlen:
Recyclingoptimierung: Zn-Methode, 600 – 800 °C ± 10 °C, Zn-Reinheit > 99,9 % ± 0,1 %.
Pulveroptimierung: Partikel <50 μm±5 μm , Reinheit >99 %±0,1 %.
Sinteroptimierung: SPS (1400 °C ± 10 °C, 50 MPa ± 1 MPa), Porosität <0,1 % ± 0,01 %.
Leistungsüberprüfung: Die Härteabweichung von der Originallegierung beträgt <5 % ± 1 %.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 14040 (Umwelt).
Beispielsweise hat das recycelte WC6Co (Zn-Methode, 600 °C ± 10 °C) eine Härte von HV 1800 ± 30 und eine Rückgewinnungsrate von 96 % ± 2 %.

10.8.4 Datenbasierte Klassifizierungsmethoden

Die datengesteuerte Klassifizierung optimiert die Hartmetallleistung (Härte HV 1600 – 3000 ± 30, Zähigkeit K_1 c 1025 MPa·m^{1} /^{2} ± 0,5) und Klassifizierungsstandards (Abweichung <1 % ± 0,2 %) durch künstliche Intelligenz (Vorhersagegenauigkeit > 90 % ± 2 %) und Datenbank (Datenvolumen > 10^5 ± 10^4). Sie eignet sich für Szenarien mit Schneideleistung (Lebensdauer > 12 h ± 1 h), Verschleißfestigkeit (Verschleißrate < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m) und Anpassung (Genauigkeit < 0,01 mm ± 0,001 mm).

10.8.4.1 Künstliche Intelligenz und Leistungsvorhersage

Grundlegende Prinzipien und technischer Überblick
Künstliche Intelligenz sagt durch maschinelles Lernen (Random Forest, neuronales Netzwerk) und Big Data (Proben > 10^4 ± 10^3) die Eigenschaften von Hartmetall (Härte HV 1600–3000 ± 30, Verschleißrate < 0,05 mm³/N·m ± 0,01 mm³/ N·m) mit einer Vorhersagegenauigkeit von > 90 % ± 2 % voraus. Zu den Eingabeparametern zählen Zusammensetzung (WC, Co, TiC), Korngröße (0,12 μm ± 0,01 μm) und Verfahren (Sintern 1450 °C ± 10 °C).

Die Tests umfassten die Vorhersagegenauigkeit (Kreuzvalidierung, Genauigkeit ±2 %), die Leistungsüberprüfung (ASTM E92, Genauigkeit ±30 HV) und die Lebensdauer (ISO 3685, Genauigkeit ±0,01 mm). Beispielsweise prognostizierte die KI für YG8 eine Härte von HV 1800±30 mit einer Abweichung von <2 %±0,5 %.

Mechanismus- und Leistungsanalyse

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

Random Forest (Anzahl der Bäume 100 – 500±10) analysiert die Beziehung zwischen Zusammensetzung und Leistung (Merkmalswichtigkeit > 0,1±0,01), und ein neuronales Netzwerk (Anzahl der Schichten 510±1) erfasst nichtlineare Effekte (Anpassung R^2 > 0,95±0,02). Das künstliche Intelligenzmodell wird anhand eines Datensatzes (> $10^4 \pm 10^3$) trainiert, um Härte (HV 1800±30) und Zähigkeit (K_{1c} 14 MPa·$m^{1/2}$±0,5) vorherzusagen. SEM überprüft die Korngröße (0,51 μm±0,01 μm), und EDS bestätigt die Zusammensetzung (Abweichung < 0,1 %±0,02 %). Vorhersagetests zeigen, dass die Härteabweichung von YG8 <2 % ± 0,5 % beträgt, was besser ist als die traditionelle empirische Formel (Abweichung 5 % ± 1 %).

Analyse der Einflussfaktoren

Datensatzgröße: > 10^4 ±10^3, Genauigkeit >90 % ± 2 %; <10^3 ± 10^2, Genauigkeit sinkt um 10 % ± 2 %.

Anzahl der Merkmale: >10±1, die Vorhersage ist umfassend; <5±1, die Abweichung erhöht sich um 5%±1%.

Algorithmustyp: Neuronales Netzwerk, hervorragend für komplexe Beziehungen; lineare Regression, Abweichungserhöhung von 10 % ± 2 %.

Korngröße: 0,12 μm ± 0,01 μm , die Vorhersage ist genau; > 5 μm ± 0,01 μm , der Fehler erhöht sich um 5 % ± 1 %.

Verifizierungsproben: >100±10, Abweichung <2%±0,5%; <50±5, Abweichung um 5%±1% erhöht.

Beispielsweise erhöhte sich der Härtevorhersagefehler von YG8 (Datensatz < 10^3 Aufzeichnungen) auf 5 % ± 1 %.

Die Optimierungsstrategie

zielt darauf ab, eine Vorhersagegenauigkeit von >90 %±2 % zu erreichen. Es wird empfohlen:

Datenoptimierung: Datensätze > $10^4 \pm 10^3$ Elemente, Features > 10±1.

Algorithmusoptimierung: neuronales Netzwerk, Schichtanzahl 510±1, R^2>0,95±0,02.

Verifizierungsoptimierung: Proben >100±10, Abweichung <2%±0,5%.

Leistungsüberprüfung: SEM und EDS bestätigen die Zusammensetzung und Korngröße.

Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 3685 (Lebensdauer).

Beispielsweise beträgt die Härtevorhersage von YG8 (neuronales Netzwerk, 10^4- Daten) HV 1800±30 mit einer Abweichung von <2%±0,5%.

10.8.4.2 Datenbank- und Klassifikationsstandardisierung

Grundlagen und technischer Überblick

Die Datenbank integriert Hartmetalldaten (Zusammensetzung, Eigenschaften, Prozesse, >$10^5 \pm 10^4$) und unterstützt die Leistungsoptimierung (Härte HV 1600 – 3000 ± 30, Zähigkeit K_{1c} 10 – 25 MPa·$m^{1/2}$ ± 0,5) durch standardisierte Klassifizierung (Abweichung <1 % ± 0,2 %). Sie verwendet eine SQL-Datenbank (Abfragegeschwindigkeit <1 s ± 0,1 s) und die Koordination internationaler Standards (ISO, ASTM).

Die Tests umfassen Datenkonsistenz (Abweichung <1 % ± 0,2 %), Leistungsüberprüfung (ASTM

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

E92, Genauigkeit ± 30 HV) und Klassifizierungseffizienz (Abfrage <1 s ± 0,1 s). Beispielsweise beträgt die Härte der YG6-Datenbank HV 1500 ± 30, die Abweichung <1 % ± 0,2 %.

Die Datenbank zur Mechanismus- und Leistungsanalyse

integriert Zusammensetzung (WC, Co), Eigenschaften (Härte, Zähigkeit) und Prozesse (Sintern, Beschichten) durch strukturierte Speicherung (Felder > 50 ± 5) und unterstützt schnelle Abfragen (< 1 s ± 0,1 s). Die standardisierte Klassifizierung basiert auf ISO 513 (P, M, K) und chinesischen Güten (YG, YT) mit einer Abweichung von < 1 % ± 0,2 %. SEM verifiziert die Korngröße (0,52 µm ± 0,01 µm), und EDS bestätigt die Zusammensetzung (Abweichung < 0,1 % ± 0,02 %). Leistungstests zeigen, dass die Datenbank die Härte von YG6 mit HV 1500 ± 30 vorhersagt, was mit der tatsächlichen Messung übereinstimmt.

Analyse der Einflussfaktoren

Datenvolumen: $>10^5 \pm 10^4$, genaue Klassifizierung; $<10^4 \pm 10^3$, Abweichung um 5 % ± 1 % erhöht.
Anzahl der Felder: >50±5, umfassende Informationen; <20±2, Abweichung erhöht sich um 5%±1%.
Standardisierungsgrad: ISO/ASTM-Koordination, Abweichung <1 % ± 0,2 %; kein Standard, Abweichung erhöht sich um 10 % ± 2 %.
Abfragegeschwindigkeit: <1 s±0,1 s, hohe Effizienz; >5 s±0,5 s, Effizienz sinkt um 20 %±3 %.
Datenaktualisierung: $>10^3 \pm 10^2$ Artikel pro Jahr, stabile Genauigkeit; keine Aktualisierung, Abweichung erhöht sich um 5%±1%.
Beispielsweise erhöhte sich der Klassifizierungsfehler von YG6 (<20 Felder) auf 5 % ± 1 %.

Die Optimierungsstrategie

besteht darin, eine Klassifizierungsabweichung von <1 % ± 0,2 % und eine Abfragegeschwindigkeit von <1 s ± 0,1 s zu erreichen. Folgendes wird empfohlen:
Datenbankoptimierung: Daten > $10^5 \pm 10^4$ Einträge, Felder > 50 ± 5.
Standardisierung und Optimierung: Entspricht ISO 513, ASTM E92, Abweichung <1 % ± 0,2 %.
Aktualisierung und Optimierung: Jedes Jahr werden $>10^3 \pm 10^2$ neue Elemente hinzugefügt.
Überprüfung und Optimierung: SEM und EDS bestätigen die Datenkonsistenz.
Prüfspezifikationen: ASTM E92 (Härte), ISO 3685 (Lebensdauer).
Beispielsweise beträgt die Härte von YG6 (10^5-Daten, ISO-Standard) HV 1500±30, mit einer Abweichung von <1%±0,2%.

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

Anhang:

Personalisierte Simulationsspezifikationen für Hartmetallsorten der CTIA GROUP: Ziel ist eine intelligente und flexible Fertigung mit KI

1. Einleitung

Aufgrund seiner hohen Härte (HV1600–2000), ausgezeichneten Verschleißfestigkeit und hohen Temperaturstabilität (600–1000 °C) wird Hartmetall häufig in Schneidwerkzeugen, Formen, Bergbauwerkzeugen, Luft- und Raumfahrtkomponenten und in anderen Bereichen verwendet. Im Jahr 2023 wird der globale Hartmetallmarkt 20 Milliarden US-Dollar erreichen und bis 2030 voraussichtlich auf 30 Milliarden US-Dollar anwachsen (ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 6 %). Chinas Produktion macht 85 % der weltweiten Gesamtproduktion aus, und die Exporte machen 40 % aus. Im Kontext der intelligenten Fertigung mit künstlicher Intelligenz (KI) hat sich die Kundennachfrage von der standardisierten Produktion hin zu hochgradig personalisierter Anpassung verschoben, die die automatische Generierung einzigartiger Güten für jedes Produkt oder sogar ein einzelnes Produkt erfordert (z. B. müssen Werkzeuge aus Titanlegierungen für die Luftfahrt bis 1000 °C hitzebeständig sein) und die Erfassung vollständiger Lebenszyklusinformationen über QR-Codes oder Radiofrequenz-Identifikation (RFID), einschließlich Zusammensetzung, Lebensdauer, Recyclingpfad, CO2-Fußabdruck und Umwelt-, Sozial- und Governance-Indikatoren (ESG). Das industrielle Internet (5G/6G) unterstützt die Datenübertragung in Echtzeit und die KI-gesteuerte automatisierte Produktion erreicht eine schnelle Iteration, wodurch die technologische Führung ohne Patentschutz aufrechterhalten wird.

Die China Tungsten Intelligence Alliance (CTIA GROUP, http://CTIA.GROUP) ist seit vielen Jahren ein weltweit führendes Unternehmen in der intelligenten Fertigung von Hartmetall mithilfe von KI sowie in der kundenspezifischen Konstruktion und Fertigung . Das Unternehmen integriert KI (Deep Network DQN, Generative Adversarial Network GAN, Transformer, multimodales Lernen), industrielles Internet (5G/6G), digitalen Zwilling (Unity3D+TensorFlow), Blockchain (Hyperledger+Polkadot) und grüne Recyclingtechnologie (Micro Smart Hardbox), um die „CTIA Personalized Grade Specification“ (CTIA-PIN) zu entwickeln. Diese Spezifikation generiert automatisch Güteklassen mithilfe von KI und unterstützt offene Innovation. Zu den Zielen gehören:

Personalisierung
KI generiert dynamisch eindeutige Markennummern, die den Kundenanforderungen entsprechen, mit einer Fehlerrate von weniger als 0,5 %.

Informationstransparenz
Der QR-Code liefert Informationen zu Inhaltsstoffen, Lebensdauer, Recyclingweg und ESG-Indikatoren und erhöht so die Transparenz um 40 %.

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

Intelligente Konnektivität

5G/6G-Echtzeitübertragung, KI-Mehrzieloptimierung, Lebensdauer um 20 % verlängert, Effizienz um 15 % gesteigert.

Grüner Zyklus

Die Recyclingquote liegt bei über 90 %, die Kohlenstoffemissionen werden um 50 % reduziert und die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDG 12, 13) werden unterstützt.

Globale Wettbewerbsfähigkeit

Es wird erwartet, dass das Unternehmen bis 2030 80 % der chinesischen Kunden abdeckt, auf über 50 Länder expandiert und einen Marktanteil von 40 % erreicht.

CTIA GROUP bietet über http://CTIA.GROUP technischen Support, Schulungen und Recyclingdienste an und engagiert sich für die Förderung der Transformation der Hartmetallindustrie hin zu mehr Intelligenz und Umweltfreundlichkeit.

2. Glossar

Hartmetall

Ein Hochleistungsverbundwerkstoff (ISO 513) aus Wolframkarbid (WC) als Hauptbestandteil mit metallischen Bindemitteln wie Kobalt (Co) und Nickel (Ni), pulvermetallurgisch gesintert. Seine Härte (HV 1600–2000) übertrifft die von Schnellarbeitsstahl bei weitem. Zudem weist er eine hervorragende Verschleißfestigkeit auf und eignet sich daher für Schneid-, Formen-, Bergbau- und andere Anwendungen. Beispielsweise können Flugzeugwerkzeuge Titanlegierungen bei hohen Temperaturen von 1000 °C verarbeiten und dabei eine Genauigkeit von IT6 erreichen. Der Herstellungsprozess umfasst das Mahlen des Rohmaterials (Partikelgröße 0,2–3 μm), Mischen, Pressen, Sintern (1400–1500 °C) und die Nachbearbeitung (Beschichten, Polieren).

Wolframkarbid (WC)

Der Kernbestandteil Hartmetall mit einer Härte von HV2200 und einem Schmelzpunkt von 2870 °C bietet hohe Härte und Verschleißfestigkeit. Es wird durch Gasphasenabscheidung (CVD) oder Hydrometallurgie aus Wolframerz gewonnen und weist eine Reinheit von üblicherweise über 99,9 % auf. Die Partikelgröße kann zur Verbesserung der Zähigkeit auf 0,2 μm verfeinert werden. Lieferanten müssen nach ISO 20400 (nachhaltige Beschaffung) zertifiziert sein, um die Rückverfolgbarkeit der Rohstoffe zu gewährleisten.

Kobalt (Co)

Bindemittel für Hartmetall (4–15 %) erhöht die Materialzähigkeit (Bruchzähigkeit 8–12 MPa·m^1/2) und verbessert die Schlagzähigkeit. Hergestellt durch Elektrolyse oder Recyclingverfahren, Reinheit über 99,8 %, Lieferanten müssen die ISO 14001 (Umweltschutz)-Norm einhalten.

Titancarbid (TiC)

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

Additive (0–15 %) verbessern die Hitzebeständigkeit (Temperaturbeständigkeit über 800 °C) und die Oxidationsbeständigkeit. Hergestellt durch Hochtemperaturkarbonisierung, Partikelgröße 0,5–1 µm, Reinheit über 99,7 %, Lieferanten müssen ein Qualitätszertifikat vorlegen.

KI-intelligente Fertigung

KI-Algorithmen (Deep Learning, Reinforcement Learning, Transformer, multimodales Lernen) werden eingesetzt, um Produktdesign, Produktionsplanung, Qualitätskontrolle und Wartung zu optimieren und eine personalisierte Anpassung sowie automatisierte Produktion zu ermöglichen. Beispielsweise prognostiziert KI die Werkzeugstandzeit (mit einer Fehlerquote von weniger als 5 %) durch die Analyse von Werkzeugverschleißbildern und Vibrationsdaten, passt die Schnittgeschwindigkeit dynamisch an und verlängert die Werkzeugstandzeit um 20 %. KI-intelligente Fertigung in Kombination mit dem industriellen Internet unterstützt Echtzeit-Entscheidungen und eine flexible Produktion.

Flexible Fertigung

Das Fertigungssystem unterstützt die Produktion von Kleinserien oder sogar Einzelstücken und ermöglicht durch automatisierte Anlagen (CNC-Sinterofen, Roboter, Laserbearbeitung) und digitale Zwillingstechnologie schnelle Umstellungen (unter einer Minute). So kann die Produktionslinie der CTIA GROUP beispielsweise Einzelwerkzeuge für Kunden aus der Luftfahrtindustrie mit einem Lieferzyklus von sieben Tagen produzieren, um individuelle Anforderungen zu erfüllen.

Industrielles Internet

Durch 5G/6G, das Internet der Dinge (IoT) und Blockchain werden Gerätevernetzung, Datentransparenz und Echtzeitoptimierung erreicht. Sensoren erfassen Werkzeugtemperatur- und Vibrationsdaten, die über das 6G-Netz in die Cloud hochgeladen werden (Verzögerung unter 0,05 ms). Nach der KI-Analyse werden Optimierungsanweisungen ausgegeben (z. B. Geschwindigkeitsreduzierung um 10 % und Lebensdauerverlängerung um 20 %). Blockchain stellt sicher, dass Daten nicht manipuliert werden können, und erhöht die Transparenz um 40 %.

MicroSmart Hartbox

Die von der CTIA GROUP entwickelte Recyclingbox (10 × 5 × 3 cm) besteht aus biologisch abbaubarem Polymilchsäurematerial (PLA) (Abbauzyklus 6 Monate), ist mit RFID, einem 5G-Modul und mehreren Sensoren (Gewicht ±0,1 g, Temperatur ±0,5 °C, Luftfeuchtigkeit ±2 %) ausgestattet und unterstützt die automatische KI-Klassifizierung (Genauigkeit 98 %), Logistikoptimierung (Pfadfehler unter 5 %) und Datenselbstzerstörung (um Leckagen zu vermeiden). Hardbox erkennt den Werkzeugtyp anhand von Gewicht und Bild und plant automatisch den Recyclingweg.

Industrie 4.0

Die vierte industrielle Revolution, deren Kern KI, IoT, Big Data und digitale Zwillinge sind, legt den Schwerpunkt auf Intelligenz, Vernetzung und Umweltfreundlichkeit. Die CTIA GROUP nutzt Industrie 4.0-Technologie, um Einzelstückfertigung, Echtzeitüberwachung und umweltfreundliches

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

Recycling zu ermöglichen.

ESG

Umwelt, Soziales und Unternehmensführung sind Indikatoren zur Messung der Nachhaltigkeitsfähigkeiten eines Unternehmens. Die CTIA GROUP unterstützt SDG 12 (verantwortungsvoller Konsum und Produktion) und SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) durch kohlenstoffarme Produktion (CO_2-Fußabdruck weniger als 8 kg CO_2/kg), hohe Recyclingquote (über 90 %) und transparente Unternehmensführung (über 2.000 Blockchain-Knoten).

3. Geltungsbereich

CTIA-PIN eignet sich für Hartmetallwerkzeuge (Schneiden, Fräsen, Bohren), Formen (Stanzen, Spritzgießen), Bergbauwerkzeuge (Bohrer, Spitzhacken), Teile für die Luft- und Raumfahrt (Turbinenschaufeln, Gehäuse) usw. Zu den Zielkunden zählen die Branchen Luftfahrt, Automobil, Druck, Medizin, Bergbau und Energie. Es unterstützt Einzelstückfluss (mehr als 1 Stück) und Massenproduktion und ist an extreme Umgebungen wie hohe Temperaturen von 1.000 °C, niedrige Temperaturen von -40 °C, Meereskorrosion, hohe Strahlung und Vakuumumgebungen angepasst.

4. Aktueller Status der Hartmetallsorten im In- und Ausland

4.1 Internationale Normen

ISO 513:2012:

Klassifizierung: P (Stahl), M (Edelstahl), K (Gusseisen), N (Nichteisenmetalle), S (Hochtemperaturlegierungen), H (gehärteter Stahl).

Beispiele: P10 (WC:Co ca. 94:6, Schlichten von Stahl), K20 (WC:Co ca. 90:10, Schruppen von Gusseisen).

Merkmale: Je nach Verarbeitungsmaterial und Anwendungsklassifizierung wird die Beschichtung (z. B. Titannitrid TiN) mit einem Suffix (z. B. P10-CVD) gekennzeichnet.

Einschränkungen: Standardisierte Formel, Informationen beschränken sich auf Inhaltsstoffe und Verwendung und es ist schwierig, auf individuelle Bedürfnisse einzugehen.

Internationale Unternehmen: Ein schwedisches Unternehmen brachte eine ultrafeine Körnung (Korn 0,5 µm, Co 10 %) auf den Markt, die über Blockchain rückverfolgbar ist und eine Rückgewinnungsrate von 85 % aufweist. Ein amerikanisches Unternehmen brachte eine hochverschleißfeste Sorte (WC:Co etwa 92:8, TiAlN- Beschichtung) auf den Markt, die mit KI-Sortierung kombiniert wird und so die Kosten um 20 % senkt.

4.2 Chinesische Normen

GB/T 18376-2014:

Klassifizierung: YG (WC-Co), YT (WC- TiC -Co), YW (WC -TiC-TaC -Co).

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

Beispiele: YG8 (WC 92 %, Co 8 %, Schruppstahl), YT15 (WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, Schlichtstahl).
Merkmale: Fokus auf Komponentenverhältnis, einige Sorten haben verfeinerte Körner (weniger als 1 μm).
Einschränkungen: Unzureichende Personalisierung und fehlende Unterstützung der Daten über den gesamten Lebenszyklus.
Branchenstatus: Inländische Unternehmen bieten maßgeschneiderte Formeln an, haben jedoch keine KI-gesteuerten intelligenten und globalisierten Standards entwickelt und die Wiederherstellungsrate liegt unter 60 %.

4.3 Probleme und Anforderungen

Personalisierung: Kunden müssen Formeln für verschiedene Produkte anpassen (z. B. Hochtemperaturbeständigkeit für Flugmesser und Schlagfestigkeit für Bergbauwerkzeuge).
Informationstransparenz: Es fehlen Angaben zu Lebensdauer, Recyclingweg, CO2-Fußabdruck und ESG-Indikatoren. Die Transparenz liegt unter 60 %.
Intelligenz: Die Zugriffsrate auf KI-Optimierung und industrielles Internet liegt bei weniger als 30 %, und das Potenzial zur Effizienzsteigerung ist begrenzt (20–30 %).
Grünes Recycling: Die Recyclingquote liegt unter 60 % und es fehlt an einem globalen Netzwerk und einem Mechanismus zur Emissionsgutschrift.
Nachhaltige Entwicklung: Der Mangel an Daten zum CO2-Fußabdruck erschwert die Unterstützung der Ziele 12 und 13 von SDG.

5. Vergleich zwischen CTIA-PIN und Industriestandards

Besonderheit	CTIA-PIN	ISO 513	Internationale Geschäftsbeispiele
Personalisierung	Automatische KI-Generierung, Einzelteilanpassung, Fehler weniger als 0,5 %	Standardisierte Formel, keine Anpassung	Begrenzte Anpassungsmöglichkeiten, müssen ausgehandelt werden
Informationstransparenz	Der QR-Code liefert vollständige Informationen zum Lebenszyklus (Inhaltsstoffe, Lebensdauer, Recycling, ESG) und erhöht die Transparenz um 40 %	Nur Zutaten und Verwendung	Blockchain-Rückverfolgbarkeit verbessert die Transparenz um 20 %
Intelligente Konnektivität	5G/6G, KI-Optimierung, digitale Zwillinge, Echtzeitanpassungen und 20 % längere Lebensdauer	Keine Internetfunktion	Eingeschränktes IoT, spezielle Ausrüstung erforderlich
Recyceln	Micro Smart Hardbox , globales Netzwerk, Recyclingrate über 90 %, unterstützt Emissionszertifikate	Keine Recyclingunterstützung	Rückgewinnungsrate 85 %, Regionalisierung
Grüne Fertigung	CO_2-Fußabdruck unter 8 kg CO_2/kg, EPD-zertifiziert,	Keine Daten zum CO2-	Ziel der teilweisen CO2-

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

	unterstützt SDG 12	Fußabdruck	Neutralität
Globale Anwendbarkeit	Abdeckung von über 50 Ländern mit einem Marktanteil von 40 % im Jahr 2030	Globale Standards, aber keine Anpassung	Hauptsächlich in Europa und Amerika, begrenzt in Asien

Innovation: CTIA-PIN nutzt KI zur automatischen Generierung von Markennamen, zur globalen Wiederverwertung und zum vollständigen Lebenszyklusmanagement. Dabei übertrifft es ISO 513 und internationale Unternehmen, legt Wert auf offene Innovation ohne die Notwendigkeit eines Patentschutzes und passt sich den Anforderungen der schnellen Iteration im Bereich der intelligenten KI-Fertigung an.

6. CTIA Personalisierte Markennummer-Spezifikation (CTIA-PIN)

CTIA-PIN integriert ISO 513, GB/T 18376 und internationale Erfahrung und kombiniert KI (DQN+GAN+Transformer+multimodales Lernen), industrielles Internet (5G/6G), digitalen Zwilling (Unity3D+TensorFlow), Blockchain (Hyperledger+Polkadot) und mikrointelligente Hardbox , um ein dynamisches und personalisiertes Markensystem zu entwickeln, die Einzelstückfertigung (mehr als 1 Stück, Umschaltzeit unter 1 Minute) zu unterstützen und das gesamte Lebenszyklusmanagement abzudecken. Im Kontext der intelligenten KI-Fertigung wird die Marke automatisch und ohne Patentschutz generiert, wobei offene Innovation und schnelle Marktreaktion im Vordergrund stehen.

6.1 Notenstruktur

Die Markennummer besteht aus 28 Zeichen + Zahlen + Hashwert, Format:
CTIA -[Kunden-ID] -[Produkt-ID] -[Formel-ID] -[Smart-ID]-[Version]-[Umgebung]
CTIA: Markenlogo der CTIA GROUP LTD (CTIA GROUP).
Kunden-ID (4-stellig): eindeutiger Kundencode (z. B. C001 für eine Fluggesellschaft).
Produkt-ID (4-stellig): Produktcode (z. B. P001 für Luftfahrtwerkzeuge).
Rezept-ID (16-stellig):
Zusammensetzung (6-stellig): z. B. M12345 (WC:Co : TiC:Ni :TaC = 90:8:2:0:0), einschließlich Spurenelementregelung (z. B. Cr, V, 0–1 %).
Verfahren (10 Ziffern): wie etwa T6789012345 (Korn 0,5 μm, TiAlN- Beschichtung 3 μm, Sintern 1400 °C, Wärmebehandlung 900 °C, Polieren Ra kleiner 0,1 μm, Ionenimplantation N+, Korngrenzentechnik zur Optimierung der Zähigkeit).
Smart ID (4 Bit): SHA-256-Hashwert (z. B. H7X9), Anbindung an das industrielle Internet.
Version (2 Ziffern): Iterationskennung (z. B. V1 für die erste Version, V2 für die optimierte Version).
Umgebung (2 Ziffern): Anpassbare Umgebung, z. B. E1 (hohe Temperatur 1000 °C), E2 (niedrige Temperatur –40 °C), E3 (Meereskorrosion), E4 (hohe Strahlung), E5 (Vakuumumgebung, Beständigkeit gegen Ablösen der Beschichtung).
Beispiel: CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1
Bedeutung: Das von der CTIA GROUP für ein Luftfahrtunternehmen (C001) hergestellte Werkzeug

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

(P001) hat eine Zusammensetzung von WC:Co:TiC =90:8:2 (der Lieferant ist ISO 20400-zertifiziert), eine Korngröße von 0,5 µm, eine TiAlN- Beschichtung von 3 µm, Sintern bei 1400 °C, Wärmebehandlung bei 900 °C, Polieren Ra kleiner 0,1 µm, Ionenimplantation N+, Korngrenzentechnik (M12345T6789012345), intelligente Identifizierung H7X9, erste Ausgabe (V1), Hochtemperaturumgebung 1000 °C (E1).

6.2 Informationskodierung und -erfassung

Die Markennummer ist in einen QR-Code (Kapazität größer als 3 KB) oder RFID (konform mit ISO 18000-6C) eingebettet. Besuchen Sie nach dem Scannen die CTIA GROUP Industrial Internet Platform (z . B. http://CTIA.GROUP/cloud), um die folgenden Informationen zu erhalten:

6.2.1 Inhaltsstoffe

Base:
WC: 80–95 %, Härte HV2200, hergestellt durch Gasphasenabscheidung oder Hydrometallurgie, Reinheit größer als 99,9 %, Lieferant ist ISO 20400-zertifiziert.
Co: 4–15 %, elektrolytischer oder Rückgewinnungsprozess, Reinheit über 99,8 %, Lieferant erfüllt ISO 14001-Standards.
Ni: 0–5 %, durch Elektrolyse hergestellt, Reinheit größer als 99,7 %, Lieferant ist ISO 20400 zertifiziert.
TiC : 0–15 %, Hochtemperatur-Karbonisierungsprozess, Partikelgröße 0,5–1 µm, Reinheit größer als 99,7 %.
TaC : 0–5 %, chemische Gasphasenabscheidung, Reinheit über 99,8 %.

Spurenelemente:
Cr3C2: 0–1 %, korrosionsbeständig, Reinheit größer als 99,5 %.
VC: 0–0,5 %, raffinierte Körner, Reinheit über 99,6 %.
Körnung: ultrafein (0,2–0,8 µm), Feinkorn (0,8–1,5 µm), mittelgrob (1,5–3 µm).
Beschichtung: Titannitrid (TiN), Titanaluminiumnitrid (TiAlN), Aluminiumchromnitrid (AlCrN), diamantähnlicher Kohlenstoff (DLC), Dicke 1–5 µm, Beschichtungsgenauigkeit ±0,1 µm.
Beispiel: WC 90 %, Co 8 %, TiC 2 %, Korngröße 0,5 µm, TiAlN- Beschichtung 3 µm.

6.2.2 Funktionen

Eigenschaften: Härte HV1600–2000, Biegefestigkeit 2–4 GPa , Bruchzähigkeit 8–12 MPa·m^1/2.
Szenarien: Schlichten (Schnittgeschwindigkeit 200 m/min, Oberflächenrauheit Ra kleiner 0,4 µm), Schruppen (Vorschub 0,5 mm/U), Hochtemperaturlegierung (Wärmebeständigkeit 1000 °C).
Anpassung: Hohe Hitzebeständigkeit (Luftfahrt), hohe Zähigkeit (Formenbau), Korrosionsbeständigkeit (Schifffahrt), Strahlungsbeständigkeit (Nuklearindustrie), Vakuumverschleißfestigkeit (Luft- und Raumfahrt).

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

Beispiel: Luftfahrtwerkzeug, hitzebeständig bis 1000°C, Bearbeitungsgenauigkeit IT6.

6.2.3 Vorsichtsmaßnahmen für die Anwendung

Einbau: Klemmkraft 500–1000 N, Abweichung kleiner 0,1 mm.
Schneidflüssigkeit: Trockenbearbeitung (DLC-Beschichtung) oder 8–10 % Emulsion (TiAlN -Beschichtung).
Vermeiden Sie: Drehzahlen über 5000 U/min, unterbrochene Schnitte (Formeln mit geringer Zähigkeit).
Beispiel: TiAlN -Werkzeug, 8 % Schneidflüssigkeit, 3000–4000 U/min.

6.2.4 Lebensdauer

Vorhersage: 500.000–1.000.000 Mal (Messer mit gerader Klinge), Vorhersage eines digitalen Zwillings durch KI, Fehler weniger als 5 %.
Auswirkungen: Die Härte des Werkstücks HRC liegt unter 60 (Lebensdauer um 30 % erhöht), die Schnittgeschwindigkeit um 10 % reduziert (Lebensdauer um 20 % erhöht).
Beispiel: Luftfahrtwerkzeug, Lebensdauer 800.000 Mal, Verarbeitung von HRC45-Stahl, Geschwindigkeit 150 m/min.

6.2.5 Parameter verwenden

Schnittgeschwindigkeit: 50–250 m/min (Stahl), 100–400 m/min (Aluminium).
Vorschubgeschwindigkeit: 0,02–0,5 mm/U (0,02–0,1 zum Schlichten, 0,2–0,5 zum Schruppen).
Schnitttiefe: 0,1–5 mm (weniger als 1 mm zum Schlichten).
Beispiel: Titanlegierung, Geschwindigkeit 80 m/min, Vorschub 0,05 mm/U, Tiefe 0,5 mm.

6.2.6 Umweltanforderungen

Temperatur: Betriebsumgebung 10–40 °C, Verarbeitungstemperatur unter 1000 °C (E1), -40–60 °C (E2).
Luftfeuchtigkeit: Die Luftfeuchtigkeit bei der Lagerung liegt unter 60 %, die Luftfeuchtigkeit bei der Verarbeitung unter 80 % (E3, Meereskorrosion).
Strahlung: E4 (hohe Strahlung, Toleranz größer als 100 Gy).
Vakuum: E5 (Vakuumumgebung, beständig gegen Ablösen der Beschichtung).
Sauber: Staub weniger als 0,01 mg/m³ .
Beispiel: Lagerung bei 25°C, Luftfeuchtigkeit 50 %, Verarbeitung bei guter Belüftung.

6.2.7 Wartungshinweise

Nachschleifen: Verschleiß kleiner 0,1 mm, 3-5 mal nachschleifbar , Diamantschleifscheibe (D15) verwenden, Kantenwinkelfehler kleiner 0,5°.

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

Beschichtungsreparatur: Beschichtung durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) von 2–4 μm, Leistung zu 90 % wiederhergestellt.
Oberflächenbehandlung: Ionenimplantation (N+, Härte um 10 % erhöht), Polieren (Ra kleiner als 0,1 μm), Korngrenzentechnik (Zähigkeit um 15 % erhöht).
Service: Nachschleifzentren der CTIA GROUP (Shanghai, Chengdu, Guangzhou, Düsseldorf, New York), Zykluszeit 3-5 Tage.
Beispiel: Ein Messer mit gerader Schneide wird viermal nachgeschliffen, wodurch die Kosten um 40 % gesenkt werden.

6.2.8 Recyclingpfad

Micro Smart Hardbox : Größe 10 × 5 × 3 cm, biologisch abbaubares Polymilchsäurematerial (PLA) (Abbauzyklus 6 Monate), integrierte Funkfrequenzidentifikation, 5G-Modul, mehrere Sensoren (Gewicht ± 0,1 g, Temperatur ± 0,5 °C, Luftfeuchtigkeit ± 2 %, Vibration ± 0,01 mm/s), unterstützt automatische KI-Klassifizierung (Genauigkeit 98 %), adaptive Recyclingstrategie (Pfadoptimierung, Kostensenkung 20 %), Selbstzerstörung der Daten (um Leckagen zu verhindern).
Recyclingpfad: Benutzer → Logistik (deckt 90 % der Städte auf Präfekturebene und über 50 Länder ab) → Recyclingzentrum der CTIA GROUP (Shanghai, Chengdu, Düsseldorf, New York) → professionelle Recyclinganlage.
Globales Netzwerk: Bis 2030 soll es über 50 Länder abdecken und eine Reaktionszeit von weniger als 24 Stunden bieten.
KI-Optimierung: Recyclingzeit vorhersagen (Fehler weniger als 12 Stunden), Logistikrouten optimieren (Kohlenstoffemissionen um 15 % reduzieren).
Blockchain-Tracking: Hyperledger+Polkadot zeichnet den Recyclingpfad jedes Tools auf, mit mehr als 2.000 Knoten und einer um 40 % erhöhten Transparenz.
CO_2-Gutschriften: Durch das Recycling von 1 kg Messer erhalten Sie 0,5 kg CO_2- Gutschriften und unterstützen so den Emissionshandel.
Beispiel: Ein Messer wird in eine Hardbox gelegt , innerhalb von 12 Stunden abgeholt und innerhalb von 7 Tagen recycelt, wodurch eine CO_2- Gutschrift von 0,5 kg erzielt wird.

6.2.9 Wiederfindungswert

Schätzung: Der Marktpreis für Wolfram beträgt xxxx Yuan/kg und der Recyclingwert beträgt xxxx Yuan/kg (Reinheit größer als 95 %).
Anreiz: Bargeld oder Emissionszertifikate (Umtauschverhältnis 1:2), Teilnahmequote um 50 % erhöht.
Beispiel: 1 kg Schneidwerkzeuge, Recyclingwert xxxx Yuan, Kohlenstoffpunkte können gegen neue Schneidwerkzeuge im Wert von xxxx US-Dollar eingetauscht werden.

6.2.10 Verantwortliche Personen in jeder Phase

Hersteller: CTIA GROUP LTD Co., Ltd. (CTIA GROUP, Hauptsitz Shanghai,

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

http://CTIA.GROUP).
Logistik: Globale Logistikpartner, Lieferzeit weniger als 24 Stunden.
Recycling: Recyclingzentren der CTIA GROUP (Shanghai, Chengdu, Düsseldorf).
Datenverwaltung: CTIA GROUP Cloud-Plattform (mehr als 1.000 Knoten).
xx, Produktionsleiter (CTIA GROUP), Li xx, Recyclingleiter (Recyclingcenter der CTIA GROUP).

6.2.11 Qualitätszertifizierung

Normen: ISO 9001 (Qualitätsmanagement), ISO 14001 (Umweltmanagement), ISO 14040 (Ökobilanz), ISO 14064 (CO2-Bilanzierung).
EPD-Zertifizierung: Umweltproduktdeklaration, quantifiziert den CO2-Fußabdruck und den Energieverbrauch.
CO_2-Fußabdruck: Bei der Herstellung von 1 kg Schneidwerkzeugen entstehen weniger als 8 kg CO_2-Emissionen, und durch Recycling werden diese um 50 % reduziert.
Beispiel: Nach ISO 14001 und EPD zertifiziertes Werkzeug mit einem CO_2-Fußabdruck von 7,5 kg CO_2/kg.

6.2.12 Sicherheitsauthentifizierung

Datensicherheit: AES-256-Verschlüsselung, RSA-4096-Signatur, konform mit DSGVO, Datenschutzgesetz, ISO 27001.
Hardware-Sicherheit: Manipulationssichere Hardbox (IP68, Fallfestigkeit 1,5 m, Temperaturbeständigkeit -40 bis 80 °C), Mechanismus zur Selbstzerstörung der Daten.
Zero Trust-Architektur: Multi-Faktor-Authentifizierung, Datenleckrate liegt unter 0,01 %.
Föderiertes Lernen mit KI: Schützen Sie die Privatsphäre Ihrer Kundendaten, führen Sie unternehmensübergreifende gemeinsame Schulungen durch und steigern Sie die Effizienz um 30 %.
Beispiel: Cloud-Plattform ist ISO 27001 zertifiziert, Hardbox ist IP68-geprüft.

6.2.13 Energieverbrauchsdaten

Produktion: 1 kg Werkzeug verbraucht weniger als 50 kWh Strom und stößt weniger als 8 kg CO_2 aus .
Recycling: Der Stromverbrauch liegt unter 10 kWh und der CO_2-Ausstoß unter 2 kg CO_2 .
Beispiel: Die Produktion verbraucht 45 kWh und das Recycling verbraucht 8 kWh.

6.2.14 Echtzeit-Überwachung der Lieferkette

System: Blockchain (Hyperledger+Polkadot) verfolgt Rohstoffe, Produktion und Logistik in Echtzeit.
Lieferanten: Die Lieferanten der Rohstoffe (WC, Co, TiC) sind nach ISO 20400 zertifiziert, weisen eine Reinheit von über 99,7 % auf und sind bis zur Minenquelle rückverfolgbar.
Dynamische Bestandsaufnahme: KI prognostiziert die Nachfrage (Fehler unter 5 %) und senkt so

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

die Bestandskosten um 25 %.
Beispiel: Der WC-Bestand beträgt 1000 kg, die KI prognostiziert den 7-Tage-Verbrauch und füllt automatisch nach.

6.2.15 Lebenszykluskosten (LCC)

Produktion: 50–100 $/kg (Materialien, Energieverbrauch, KI-Optimierung).
Verbrauch: 0,01–0,05 USD/Schnitt (Lebensdauer 800.000 Mal).
Recycling: Vorteile von 15–25 USD/kg, eine Reduzierung der Gesamtkosten um 30 %.
Beispiel: Die Herstellung von 1 kg Schneidwerkzeug kostet 80 $, 0,02 $ pro Verwendung und 20 $ für das Recycling, wodurch sich die Gesamtkosten um 35 % reduzieren.

6.2.16 Lebenszyklus-Energieeffizienzanalyse

EPD-Zertifizierung: Der Energieverbrauch bei der Produktion liegt unter 50 kWh/kg und der Energieverbrauch beim Recycling unter 10 kWh/kg.
Aufschlüsselung des CO2-Fußabdrucks:
Produktion: 6 kg CO_2/kg (4 kg Rohmaterial, 2 kg Sinterung).
Transport: 0,5 kg CO_2/kg (globale Logistik).
Verbrauch: 1 kg CO_2/kg (Reduzierung des Energieverbrauchs).
Rückgewinnung: 0,5 kg CO_2/kg (XRF-Sortierung, Logistik).
Energieeffizienzverhältnis: Der Verbrauch recycelter Energie beträgt nur 20 % der Produktion und unterstützt SDG 12.
Beispiel: Der gesamte CO_2-Fußabdruck eines Schneidwerkzeugs beträgt 7,5 kg CO_2/kg (6 für die Produktion, 0,5 für den Transport, 1 für die Nutzung und 0,5 für das Recycling).

6.2.17 AI Dynamische Wartungsvorschläge

Funktion: Basierend auf Echtzeit-Verschleiß (Bilder, Vibration, Temperatur, mechanische Daten) generiert die KI Wartungsempfehlungen (z. B. Reduzierung der Geschwindigkeit um 10 % und Verlängerung der Lebensdauer um 20 %).
Daten: Multimodale Lernfusion von Werkzeugoberflächenbildern (Auflösung 0,01 mm), Vibration (0,01 mm/s) und Temperatur (±0,5 °C).
Ausgabe: Passen Sie Schnittgeschwindigkeit, Vorschubgeschwindigkeit und Kühlmittelverhältnis an und übertragen Sie die Daten auf CNC-Werkzeugmaschinen.
Beispiel: Der Verschleiß beträgt 0,06 mm. AI empfiehlt, die Geschwindigkeit auf 120 m/min zu reduzieren, was die Lebensdauer um 20 % erhöht.

6.2.18 Recyclinglogistik-Tracking

System: Blockchain (Hyperledger+Polkadot) zeichnet die gesamte Logistikkette auf (Benutzer → Recyclingzentrum → Recyclinganlage).

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

Funktion: Echtzeitanzeige des Hardbox- Standorts und der Umgebungsdaten (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) mit 40 % verbesserter Transparenz.
KI-Optimierung: Passen Sie Logistikrouten dynamisch an, um den CO2-Ausstoß um 15 % zu reduzieren.
Hardbox von einem Benutzer in Shanghai zu einem Recyclingzentrum dauert 7 Tage , wobei ein Kohlenstoffausstoß von 0,5 kg CO_2/kg entsteht.

6.2.19 Benutzerschulung

Format: Online-Kurse (http://CTIA.GROUP/academy), Augmented Reality (AR)-Unterricht (HoloLens 2), Schulung vor Ort.
Inhalt: Toolinstallation, Parameteroptimierung, Hardbox -Nutzung, Recyclingprozess, KI-Interaktion.
Zyklus: jeweils 2 Stunden, Abdeckungsrate übersteigt 95 %.
Beispiel: Kunden aus der Luftfahrtbranche haben eine AR-Schulung absolviert und der Installationsfehler lag unter 0,05 mm.

6.2.20 Soziale Verantwortung (ESG)

Umwelt: CO2-Fußabdruck weniger als 8 kg CO_2/kg, Recyclingrate über 90 %, Unterstützung von SDG 12.
Gesellschaft: Schaffung von 200.000 Arbeitsplätzen (Recycling, Daten, Schulungen), Schulungsabdeckungsrate über 95 % und Gleichstellung der Geschlechter (Mitarbeiterverhältnis 1:1).
Governance: 40 % Verbesserung der Transparenz und der Einhaltung der Antikorruptionsvorschriften (ISO 37001).
Beispiel: Reduzieren Sie die CO2-Emissionen bis 2025 um 20 % und schulen Sie 100.000 Benutzer.

6.2.21 Kundenindividualisierungsprozess

Schritt:
Übermittlung der Anforderungen: Kunden geben Material-, Genauigkeits-, Lebensdauer- und Umweltanforderungen über http://CTIA.GROUP/custom ein.
KI-Optimierung: Multimodales Lernen kombiniert Bilder und Sensordaten, um Rezepte mit einer Fehlerquote von weniger als 0,5 % zu generieren.
Markennummerngenerierung: Automatische Generierung von Markennummern (z. B. CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1).
Produktion: Flexible Fertigung, One-Piece-Flow, Zykluszeit 7 Tage.
Lieferung: Globale Logistik, Lieferzeit weniger als 24 Stunden.
Feedback: Echtzeit-Bewertung (http://CTIA.GROUP/feedback), KI-Stimmungsanalyse (Genauigkeit 90 %).
Beispiel: Ein Kunde aus der Luftfahrtbranche stellt eine Anfrage für Schneidwerkzeuge aus

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

Titanlegierungen, die innerhalb von 7 Tagen geliefert und mit 4,8 Sternen bewertet werden.

6.2.22 Kundenfeedback-Mechanismus

System: http://CTIA.GROUP/feedback, unterstützt Echtzeit-Bewertung (1–5 Sterne), KI-Stimmungsanalyse (90 % Genauigkeit).
Antwort: Die Problemlösungszeit beträgt weniger als 24 Stunden und die Zufriedenheit steigt um 50 %.
Beispiel: Kundenbewertung Luftfahrt 4,8 Sterne, Feedback „Lebensdauer übertrifft Erwartungen“.

6.2.23 Industrieller Internetzugang

Einstiegspunkt: http://CTIA.GROUP/cloud (Start voraussichtlich 2030).
Passwort: dynamisch generiert (z. B. CTIA-C001-20250505-XYZ).
Pfad: IoT-Sensoren → Edge Computing (MEC, Reaktionszeit unter 10 ms) → 5G/6G (Bandbreite über 100 Gbit/s, Latenz unter 0,05 ms, Verbindungsdichte $10^7/km^2$) → Cloud-Plattform → Blockchain.
Protokoll: MQTT-Protokoll, AES-256-Verschlüsselung, Durchsatz über 10^6 Transaktionen/s.
Beispiel: Scannen Sie den QR-Code, geben Sie das Passwort ein und zeigen Sie die Werkzeugverschleißdaten in Echtzeit an.

6.2.24 Echtzeit-Informationsübertragungspfad

Sensor: Erfasst Temperatur-, Vibrations- und Verschleißdaten mit einer Abtastfrequenz von 10 Hz und einer Edge-Computing-Reaktionszeit von weniger als 10 ms.
Netzwerk: 5G (deckt 95 % der Städte ab, Latenz 1 ms) oder 6G (deckt bis 2030 80 % der Industriegebiete ab, Latenz 0,05 ms, Verbindungsdichte $10^7/km^2$, Ultrahochfrequenz-THz-Kommunikation, 99,9999 % Zuverlässigkeit).
Cloud-Plattform: Speicherkapazität größer als 1 PB, Verarbeitungsgeschwindigkeit über 10^6 Datensätze/s.
Blockchain: Hyperledger+Polkadot , mit über 2.000 Knoten, dezentraler Speicherung, skalierbar auf 10^4 Knoten und 40 % mehr Transparenz.
Beispiel: Werkzeugtemperatur 1000 ℃, Vibration 0,1 mm/s, Daten werden jede Sekunde hochgeladen.

6.2.25 Anpassungsbefehlscode verwenden

Format: Python, MQTT-Protokoll, Empfangen von KI-Anweisungen zur Mehrzieloptimierung (Lebensdauer, Effizienz, Kosten).
Funktion: Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Kühlmittelverhältnis einstellen.
Beispielcode:
importiere paho.mqtt .client als mqtt

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

JSON importieren

Broker = "CTIA.GROUP"
Port = 1883
Thema = "CTIA/C001/P001/M12345T6789012345/Steuerung"

def on_ message (client, userdata , msg):
Daten = json.loads (msg.payload . decode ( ))
Geschwindigkeit = Daten["Geschwindigkeit"] # m/min
Vorschub = Daten["Vorschub"] # mm/U
Kühlmittel = Daten["Kühlmittel"] # %
print(f"Anpassung : Schnittgeschwindigkeit = {speed} m/min, Vorschub = {feed} mm/rev, Kühlmittel = {coolant}%")
Maschine einstellen (Drehzahl, Vorschub, Kühlmittel)

Client = mqtt.Client ()
client.on_message = on_message
client.connect (Broker, Port, 60)
client.subscribe (Thema)
client.loop _ forever ( )
Funktionsweise: KI erkennt Verschleiß von 0,05 mm, reduziert die Sollgeschwindigkeit auf 120 m/min, verlängert die Lebensdauer um 20 % und verbessert die Effizienz um 15 %.
Sicherheit: RSA-4096-Verschlüsselung, Zero-Trust-Authentifizierung.

6.3 Markenaufbau und -management

KI-Optimierung:
Input: Kundenanforderungen (Material, Präzision, Lebensdauer, Umgebung), Produktparameter (Größe, Verarbeitungsart), Echtzeitdaten (Verschleißbilder, Vibration, Temperatur, Mechanik).
Algorithmus: Deep Q-Network (DQN) + Generative Adversarial Network (GAN) + Transformer + Multimodal Learning, mit mehr als 10^6 Trainingsdatensätzen (Werkzeugleistung, Schnittdaten, Umgebungsanpassung), Fusionsbildern (Werkzeugoberfläche, Auflösung 0,01 mm), Vibration (0,01 mm/s), Temperatur (±0,5 °C), Mechanik (Schnittkraft ±0,1 N), optimierter Zusammensetzung (WC:Co:TiC+Spuren von Cr, V), Körnern, Beschichtungen, Sintertemperatur, Wärmebehandlung, Oberflächenbehandlung, Korngrenzentechnik, mit einem Fehler von weniger als 0,5 %.
Mehrzieloptimierung: Lebensdauer (mehr als 800.000 Mal), Effizienz (Geschwindigkeit mehr als 200 m/min), Kosten (weniger als 100 USD/kg), CO2-Fußabdruck (weniger als 8 kg CO_2/kg).
Föderiertes Lernen: Schützen Sie die Privatsphäre Ihrer Kundendaten, führen Sie unternehmensübergreifende gemeinsame Schulungen durch und steigern Sie die Effizienz um 30 %.
Ausgabe: Formel-ID (z. B. M12345T6789012345), automatisch generierter Markenname, kein Patentschutz erforderlich.
Flexible Fertigung:

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

Ausrüstung: Intelligente Produktionslinie der CTIA GROUP (CNC-Sinterofen, physikalische Gasphasenabscheidungs-Beschichtungsmaschine, Laserätzer, Ionenimplanter, Polierer), die Einzelstückfluss unterstützt (mehr als 1 Stück, Umschaltzeit weniger als 1 Minute).
Planung: Basierend auf dem digitalen Zwilling des Fertigungsausführungssystems beträgt die Aufgabenzuweisungszeit weniger als 1 Minute und der Produktionszyklus wird um 30 % verkürzt.
Modulares Design: Die Werkzeugkomponenten entsprechen der ISO 1832-Norm, wodurch die Lagerkosten um 25 % gesenkt werden.
Datenverwaltung:
Blockchain: Hyperledger+Polkadot , zeichnet den gesamten Prozess der Markengenerierung, Herstellung und des Recyclings auf, mit mehr als 2.000 Knoten, skalierbar auf 10^4, und einer um 40 % erhöhten Transparenz.
Cloud-Plattform: Speicherkapazität größer als 10^8 Marken, Abfragezeit weniger als 0,1 Sekunden.
Beispiel: Bedarf an Luftfahrtwerkzeugen (Titanlegierung, Lebensdauer über 800.000 Mal, Hitzebeständigkeit 1000 °C), Generierung der Güte CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1, Produktionszyklus 7 Tage.

6.4 Digital Twin-Anwendungen

Modell: Digitaler Zwilling des Werkzeugs (Unity3D+TensorFlow), Echtzeitsimulation von Verschleiß, Temperatur, Schnittkraft und Anpassungsfähigkeit an die Umgebung.
Funktion:
Vorhersagen: Lebensdauer (weniger als 5 % Fehler), Verschleiß (Genauigkeit ±0,01 mm), CO_2-Fußabdruck (±0,1 kg CO_2) .
Optimierung: Schnittgeschwindigkeit um 10 % reduziert, Lebensdauer um 20 % erhöht; Vorschub um 20 % reduziert, Effizienz um 15 % erhöht; Kühlmittel optimiert, Kohlenstoffemissionen um 10 % reduziert.
Edge Computing: Mobile Edge Computing (MEC) verarbeitet Sensordaten mit einer Reaktionszeit von weniger als 10 ms und reduziert die Cloud-Last um 50 %.
Multimodales Lernen: Die Fusion von Werkzeugoberflächenbildern (Auflösung 0,01 mm), Vibration (0,01 mm/s), Temperatur (±0,5 °C) und Schnittkraft (±0,1 N) verbessert die Vorhersagegenauigkeit um 20 %.
Beispiel: Der digitale Zwilling eines Luftfahrtwerkzeugs erkennt einen Verschleiß von 0,06 mm, reduziert den Sollvorschub auf 0,04 mm/U, verbessert die Effizienz um 15 % und reduziert den CO_2-Fußabdruck um 0,5 kg CO_2/kg.

6.5 Herausforderungen und Reaktionen bei der Umsetzung

KI-Modellverzerrung
Herausforderung: Verzerrte Trainingsdaten führen zu einer ungleichmäßigen Rezeptoptimierung (z. B. haben die Anforderungen der Luftfahrt Vorrang vor dem Bergbau).
Antwort: Einführung unterschiedlicher Datensätze (aus den Bereichen Luftfahrt, Bergbau und Gesundheitswesen) und Verwendung von Regularisierungsalgorithmen (L2-Norm), um die

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

Verzerrung um 30 % zu reduzieren.

Schwankungen in der Lieferkette

Herausforderung: Instabile Versorgung mit Rohstoffen (WC, Co), Risiko 30 %.

Antwort: Diversifizierte Lieferanten (alle ISO 20400-zertifiziert), dynamische Beschaffung per KI (Vorhersagefehler unter 5 %).

Datenschutz

Herausforderung: Risiko des Abflusses von Kundendaten (Verarbeitungsparameter, Produktdesign).

Antwort: Zero-Trust-Architektur, föderiertes Lernen mit KI, Einhaltung der DSGVO und des Datenschutzgesetzes, Leckrate unter 0,01 %.

Technologiekosten

Herausforderungen: Hohe Kosten für KI-Training, 6G-Bereitstellung und Hardbox- Produktion (zunächst 1 Million US-Dollar/Jahr).

Antwort: Modulares Design (Hardbox -Kosten auf 5 USD/Einheit reduziert), Cloud-Service-Leasing (0,1 USD/GB) und Open-Source -KI-Modelle.

Benutzerakzeptanz

Herausforderungen: Die neuen Standards sind mit hohen Lernkosten verbunden und die Akzeptanzrate liegt unter 70 %.

Antwort: Augmented Reality-Schulungen (HoloLens 2, jeweils 2 Stunden), Online-Kurse (http://CTIA.GROUP/academy), mit einer Abdeckungsrate von über 95 %.

6.6 Anwendungsfälle

Luftfahrtwerkzeuge

Marke: CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1.

Parameter: Zusammensetzung WC:Co :TiC =90:8:2 (Lieferant ist ISO 20400-zertifiziert), Korngröße 0,5 μm, TiAlN- Beschichtung 3 μm, Sintern 1400 °C, Wärmebehandlung 900 °C, Polieren Ra kleiner als 0,1 μm, Ionenimplantation N+, Korngrenzentechnik verbessert die Zähigkeit um 15 %.

Anpassungsprozess

Forderungseinreichung

Kunden aus der Luftfahrtbranche übermitteln Anforderungen über http://CTIA.GROUP/custom (Bearbeitung von Titanlegierungen, Lebensdauer über 800.000 Mal, Hitzebeständigkeit 1.000 °C, Präzision IT6).

KI-Optimierung

Durch multimodales Lernen werden das vom Kunden hochgeladene Werkstückbild (Oberfläche der Titanlegierung), die Verarbeitungsparameter (Geschwindigkeit, Vorschub) und die Umgebungsdaten (1000 °C) analysiert, um ein Rezept mit einem Fehler von weniger als 0,5 % zu

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

generieren.

Markengenerierung

Markennummer CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1 automatisch generieren.

Produktion

Flexible Fertigung, CNC-Sinterofen (Temperaturgenauigkeit ±5°C), physikalische Gasphasenabscheidungs-Beschichtungsmaschine (Dickengenauigkeit ±0,1μm), Ionenimplanter (N+-Dosis $10^{17}/cm^2$) , Zykluszeit 7 Tage.

liefern

Globale Logistik, Lieferung an Kunden innerhalb von 24 Stunden.

Rückmeldung

Kundenbewertungen und Feedback zu „ Lebensdauer, Genauigkeit und weiteren Daten“.

Anwendung

Bearbeitung von Teilen aus Titanlegierungen für die Luftfahrt, Schnittgeschwindigkeit 80 m/min, Vorschub 0,05 mm/U, Schnitttiefe 0,5 mm, Lebensdauer 800.000-mal, Oberflächenrauheit Ra kleiner als 0,4 μm, Hitzebeständigkeit 1000 °C.

Nutzen

Wirtschaftlich: Die Häufigkeit des Werkzeugwechsels wird um 50 % reduziert und die Produktionskosten um 30 % gesenkt.

Umweltschutz: CO_2-Fußabdruck 7,5 kg CO_2/kg (6 für Produktion, 0,5 für Transport, 1 für Nutzung, 0,5 für Recycling) und 0,5 kg CO_2-Kohlenstoffgutschrift erhalten.

Technologie: KI optimiert die Schnittparameter, erhöht die Effizienz um 15 % und verlängert die Werkzeuglebensdauer um 20 %.

Gesellschaft: Der ESG-Score kann 4,8/5 erreichen und die Kundenzufriedenheit wird erheblich verbessert.

QR-Code-Funktion

Unter dem Link http://CTIA.GROUP/cloud sind die Zusammensetzung (WC 90 %, Co 8 %), die Lebensdauer (800.000 Mal), der Recyclingweg (7 Tage), die CO2-Fußabdruck-Zerlegung und die CO2-Gutschriften (Umtauschverhältnis 1:2) ersichtlich.

7. Implementierungspfad und Vorteile

7.1 Implementierungspfad

2025–2027: Pilotprojekte in Shanghai, Chengdu, Guangzhou, Düsseldorf und New York zur Generierung von 10^4-Sorten für Branchen wie Luftfahrt, Automobil und Medizin mit einer Recyclingquote von 80 %.

2028–2030: Ausweitung auf 90 % der bezirksfreien Städte in China, Expansion in über 50 Länder, Erreichen von 10 Marken ^{6}, Integration mikrointelligenter Hardboxen und Erreichen einer Recyclingquote von 90 %.

Nach 2030: Durch die Belt and Road Initiative und die G20-Zusammenarbeit wird der globale Marktanteil 40 % erreichen und CTIA-PIN wird zum ISO-Standard.

7.2 Vorteile

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

Wirtschaftlich: Produktionseffizienz um 40 % gesteigert, Anpassungskosten um 30 % gesenkt, Recyclingwert 15–25 USD/kg, Lebenszykluskosten um 35 % gesenkt.
Umweltschutz: Die Kohlendioxidemissionen werden um 50 % und die Abfallflüssigkeit um 60 % reduziert. Für jedes Kilogramm Schneidwerkzeuge wird ein CO_2-Guthaben von 0,5 kg erworben , wodurch die SDGs 12 und 13 unterstützt werden.
Soziales: Schaffung von 200.000 Arbeitsplätzen (Recycling, Daten, Schulung), Steigerung der Kundenzufriedenheit um 50 % und Erreichung der Gleichstellung der Geschlechter (Mitarbeiterverhältnis 1:1).
Technologie: Der KI-Optimierungsfehler liegt unter 0,5 %, die industrielle Internetzugangsrate beträgt 100 % und die Transparenz der Lieferkette wird um 40 % erhöht.

8. Fazit

Die personalisierte Markenspezifikation (CTIA-PIN) der CTIA GROUP LTD. integriert KI (DQN+GAN+Transformer+multimodales Lernen), industrielles Internet (5G/6G), digitale Zwillinge, Blockchain (Hyperledger+Polkadot) und mikrointelligente Hardbox durch eine 28-stellige Marke (CTIA -[Kunden-ID] -[Produkt-ID] -[Formel-ID] -[Intelligente Identifikation]-[Version]-[Umgebung]) und unterstützt die Einzelstückflussanpassung. QR-Code oder RFID verknüpfen vollständige Lebenszyklusinformationen (Inhaltsstoffe, Lebensdauer, CO_2-Fußabdruck, Recyclingpfad, ESG, Lebenszykluskosten, EPD-Zertifizierung), 5G/6G (Latenz unter 0,05 ms, Verbindungsdichte 10^7 /km²) und Blockchain (mehr als 2.000 Knoten, skalierbar auf 10^4) sorgen für Transparenz in Echtzeit und die KI-Mehrzieloptimierung verlängert die Werkzeuglebensdauer um 20 % und verbessert die Effizienz um 15 %. Die mikrointelligente Hardbox (biologisch abbaubar, Multisensor, Datenselbstzerstörung) erreicht eine Recyclingrate von über 90 %, ein CO_2-Guthaben-Austauschverhältnis von 1:2 und 0,5 kg CO_2-Guthaben pro kg Werkzeug . Die Effizienz der Überprüfung des Luftfahrt-Werkzeugkoffers stieg um 40 %, die Kosten sanken um 30 % und der ESG-Score lag bei 4,8. Es wird erwartet, dass CTIA-PIN bis 2030 90 % der chinesischen Kunden abdeckt, auf über 50 Länder expandiert und einen globalen Marktanteil von 40 % erreicht. Damit wird das Unternehmen führend in der KI-intelligenten Fertigung von Hartmetall und der grünen Kreislaufwirtschaft und unterstützt die SDG-Ziele der Vereinten Nationen.

9. Referenzen

ISO 513:2012, Klassifizierung und Verwendung harter Schneidstoffe.
ISO 14040:2006, Umweltmanagement – Ökobilanz.
ISO 27001:2013, Informationssicherheits-Managementsysteme.
ISO 37001:2016, Antikorruptions-Managementsysteme.
ISO 20400:2017, Nachhaltige Beschaffung.
ISO 14064:2006, Bilanzierung und Verifizierung von Treibhausgasen.
Globaler Marktbericht für Hartmetall, MarketsandMarkets , 2023.
Weißbuch zur intelligenten Fertigung in China, Engineering.gov.cn, 2024.
Themenreihe 3 zum industriellen Internet: Fallstudie einer personalisierten Anpassungsplattform, Zhihu , 2021.
KI-Personalisierung in der intelligenten Fertigung, AISCK, 2024.

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

6G-Vision und -Anforderungen, ITU-R, 2024.
Digital Twin Trends, Gartner, 2023.
Fortschritte im bestärkenden Lernen, DeepMind, 2023.
Ziele für nachhaltige Entwicklung, Vereinte Nationen, 2023, https://sdgs.un.org/.
Industrielles Internet der Dinge und Blockchain, IEEE, 2024.
Nachhaltige Fertigung in China, CSIS, 2024.
Leitfaden zu Umweltproduktdeklarationen (EPDs), UNEP, 2023.
Website der CTIA GROUP LTD : http://ctia.group

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

Anhang:

Verschleißfeste Auskleidung aus feinkörnigem Hartmetall

Feinkörnige Hartmetall-Verschleißschutzauskleidungen sind ein Hochleistungswerkstoff für extreme Arbeitsbedingungen und finden breite Anwendung in Bergbau, Bauwesen, Energie, Metallurgie, Chemieindustrie, Häfen, Terminals und Bahnhöfen. Ihr Hauptmerkmal sind die ultrafeinen Körner (0,21 Mikrometer), die dem Material hervorragende Härte, Zähigkeit und Verschleißfestigkeit verleihen. Die Lebensdauer ist 35-mal höher als bei herkömmlichen Materialien. Ob sie dem Hochgeschwindigkeitsaufprall von Erz oder dem Dauerverschleiß von Kohle standhält – diese Auskleidung kann die Haltbarkeit und Betriebseffizienz von Anlagen deutlich verbessern. Im Folgenden stellen wir Ihnen die Materialeigenschaften, den Herstellungsprozess, die Anwendungsszenarien, die technischen Daten und die Vorteile im Detail vor und zeigen Ihnen den Charme dieses Industrie-Stars.

1.1 Zusammensetzung des verschleißfesten Auskleidungsmaterials aus feinkörnigem Hartmetall

Das Grundgerüst feinkörniger Hartmetall-Verschleißschutzauskleidungen besteht zu 85–95 % aus Wolframkarbid (WC), das dem Material seine steinharte Härte und Verschleißfestigkeit verleiht. Einige Rezepturen enthalten zusätzlich Titankarbid (TiC) oder Tantalkarbid (TaC), um die Hochtemperaturbeständigkeit zu verbessern. Kobalt (Co, 612 %) oder Nickel (Ni) wirken als Bindemittel und verleihen dem Material Zähigkeit und Schlagfestigkeit. Geringe Mengen Chrom (Cr) oder Molybdän (Mo) verbessern die Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit zusätzlich und gewährleisten so die Stabilität der Auskleidung auch in rauen Umgebungen.

1.2 Wichtige Eigenschaften der verschleißfesten Auskleidung aus feinkörnigem Hartmetall

Härte: Die Härte beträgt HRA 89 – 93 (HV 1400–1800) und übertrifft damit Manganstahl (HRC 2050) bei weitem.
Zähigkeit: Die Bruchzähigkeit erreicht 812 MPa·m^1/2, 30 % mehr als bei gewöhnlichem Hartmetall, und ist somit stoß- und rissbeständig.
Verschleißfestigkeit: Die Verschleißrate beträgt nur 0,01 mm^3/ N·m (ASTM G65) und ist damit 23-mal niedriger als bei hochchromhaltigem Gusseisen.
Dichte: 14,5 – 15,0 g/cm^3, unter Berücksichtigung von Festigkeit und Gewicht.
Korrosionsbeständigkeit: In neutraler oder schwach saurer Umgebung (pH 47) beträgt die Korrosionsrate weniger als 0,05 mm/Jahr. Eine Nickelbasis oder -beschichtung kann die Säure- und Laugenbeständigkeit zusätzlich verbessern.
Temperaturbeständigkeit: Hält bis zu 600–800 °C stand, geeignet für Verschleißszenarien bei hohen Temperaturen.

1.3 Technische Daten der feinkörnigen Hartmetall-Verschleißschutzauskleidung

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

Größe: Dicke 5 – 50 mm, Fläche bis zu 2 m^2, unterstützt komplexes Design gekrümmter Oberflächen.
Gewicht: 0,550 kg pro Stück, modularer Aufbau für einfache Installation.
Montage: Schrauben, Schweißen oder Kleben, Montagezeit <2 Stunden/m2.
Lebensdauer: 5.000–10.000 Stunden, 35-mal länger als bei herkömmlichen Materialien.

1.4 Das Geheimnis der feinkörnigen Struktur

Die Korngröße von feinkörnigem Hartmetall beträgt nur 0,21 Mikrometer (übliches Hartmetall 15 Mikrometer). Diese mikroskopische Feinstrukturierung bringt erhebliche Vorteile. Die feinen Körner erhöhen die Korngrenzendichte und verbessern Härte und Festigkeit. Gleichzeitig verteilen sie Spannungen, hemmen Rissausbreitung und erhöhen die Zähigkeit. Gleichmäßigere Verschleißmuster reduzieren mikroskopische Abplatzungen und verlängern so die Lebensdauer der Laufbuchse.

2. Herstellungsverfahren für feinkörnige Hartmetall-Verschleißschutzauskleidungen

Der Prozess der Herstellung von verschleißfesten Auskleidungen aus feinkörnigem Hartmetall gleicht dem Schmelzen eines präzisen Kunstwerks. Dabei kommt die exquisite Handwerkskunst der Pulvermetallurgie zum Einsatz, um sicherzustellen, dass die Leistung des Materials ihren Höhepunkt erreicht.

Die Herstellung beginnt mit hochreinen Wolframkarbid- (WC) und Kobaltpulvern (Co) (Reinheit > 99,9 %). Diese Pulver werden in einem 24- bis 48-stündigen Nassmahlprozess sorgfältig gemahlen, um eine gleichmäßige Korngröße und -verteilung zu gewährleisten. Anschließend werden die Pulver mittels kaltisostatischem Pressen (CIP) bei einem Druck von 200 bis 300 MPa zu hochdichten Grünkörpern gepresst und legen damit die Grundlage für die anschließende Formgebung.

Der Grünkörper wird anschließend in die Heißisostatische Pressphase (HIP) eingebracht und bei hohen Temperaturen von 1400–1500 °C und einem Druck von 100–150 MPa gesintert. Dieser Prozess beseitigt nicht nur innere Mikroporen und Defekte, wodurch die Materialdichte nahezu 100 % erreicht, sondern gewährleistet auch die Feinkörnigkeit. Um übermäßiges Kornwachstum bei hohen Temperaturen zu verhindern, wird eine geringe Menge VC oder Cr3C2 als Korninhibitor zugegeben, um die Mikrostruktur präzise zu steuern.

Abschließend wird die Laufbuchse präzise geformt und oberflächenbehandelt, um sicherzustellen, dass Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität den Industriestandards entsprechen. Dieser strenge Herstellungsprozess verleiht der Laufbuchse hervorragende Härte, Zähigkeit und Verschleißfestigkeit und garantiert so ihre herausragende Leistung unter rauen Arbeitsbedingungen.

3. Anwendungsszenarien der verschleißfesten Auskleidung aus feinkörnigem Hartmetall

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

Verschleißfeste Auskleidungen aus feinkörnigem Hartmetall glänzen in einer Vielzahl von Szenarien mit hohem Verschleiß:

Anwendungsszenarien für verschleißfeste Auskleidungen aus feinkörnigem Hartmetall in Bergbaumaschinen
Auskleidungen von Brechern und Kugelmühlen: Die Verschleißrate beträgt nur 0,008 mm^3/ N·m und die Lebensdauer beträgt bis zu 23 Jahre.
Fernleitung: Wartungsperiode auf 1824 Monate verlängert.
Sandherstellungsstreifen: werden in Sandherstellungsmaschinen verwendet, Härte HRA 9092, Lebensdauer 5000 - 8000 Stunden, hervorragende Rissbeständigkeit.

Anwendungsszenarien für verschleißfeste Auskleidungen aus feinkörnigem Hartmetall in der Zement- und Bauindustrie
Mischerauskleidung: Lebensdauer 4-mal länger als bei hochmanganhaltigem Stahl.
Förderbandrollenbelag: Die Bruchrate liegt unter 1 %.
Sandherstellungsstange: In der Sand- und Kiesproduktionslinie beträgt die Korngröße 0,40,8 μm und die Verschleißfestigkeit ist ausgezeichnet.

für verschleißfeste Auskleidungen aus feinkörnigem Hartmetall Energiewirtschaft
Kohlemühlenauskleidung: beständig gegen hohe Temperaturen von 500 °C, Lebensdauer 35 Jahre.
Ascheförderleitung: korrosionsbeständig, daher geringere Austauschhäufigkeit.

Anwendungsszenarien für verschleißfeste Auskleidungen aus feinkörnigem Hartmetall Metallurgie und chemische Industrie
Führungsplatte des Walzwerks: Die Oberflächenrauheit wird bei Ra 0,5 μm gehalten , was die Lebensdauer verlängert.
Reaktorauskleidung: Stabiler Betrieb bei pH 38.

Anwendungsszenarien für verschleißfeste Auskleidungen aus feinkörnigem Hartmetall Häfen, Terminals und Bahnhöfe
Be- und Entlade-Übertragungskantenleisten: werden für Förderbänder und Be- und Entladeeinrichtungen verwendet, Härte HRA 89 – 91, beständig gegen Kohle- und Erzverschleiß, Lebensdauer 23 Jahre, Wartungsintervall 12 = 18 Monate.

4. Vorteile der feinkörnigen Hartmetall-Verschleißschutzauskleidung
Feinkörnige Hartmetall-Verschleißschutzauskleidungen zeichnen sich durch hervorragende Leistung aus:
Extrem lange Lebensdauer: Die feinkörnige Struktur verlängert die Lebensdauer um das 35-fache und reduziert so die Ausfallzeiten der Geräte und die Wartungshäufigkeit.
Hohes Kosten-Nutzen -Verhältnis: Die Anschaffungskosten sind hoch, aber die Amortisationszeit beträgt nur 6–12 Monate und die Gesamtvorteile sind erheblich.

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

Flexible Anpassung: Form, Dicke und Leistung können je nach Arbeitsbedingungen angepasst werden, um unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden.
Grün und umweltfreundlich: Hohe Haltbarkeit reduziert den Ressourcenverbrauch und fördert eine nachhaltige Herstellung.
Vielseitigkeit: Es ist verschleißfest , korrosionsbeständig und schlagfest und kann sich an eine Vielzahl komplexer Umgebungen anpassen.

5. Fazit

Feinkörnige Hartmetall-Verschleißschutzauskleidungen eignen sich aufgrund ihrer hohen Härte (HRA 89–93) , ihrer hervorragenden Zähigkeit (8–12 MPa·m²) und ihrer extrem langen Lebensdauer (5000–10000 Stunden) ideal für den Bergbau (Sandherstellungsbänder), das Baugewerbe, die Energiewirtschaft, die Metallurgie, die chemische Industrie und Hafenterminals (Be- und Entladebänder). Technische Daten belegen eine 35-mal höhere Lebensdauer als bei herkömmlichen Materialien und eine um 304–0 % geringere Gesamtkosten . Durch fortschrittliche Pulvermetallurgie-Technologie werden Leistung, Kosten und Produktionseffizienz der Auskleidung optimal optimiert. Mit Blick auf die Zukunft werden intelligentes Design (Parameteranpassung in Echtzeit, Vorhersagegenauigkeit über 98 %), fortschrittliche Fertigung (Mehrmaterialverbundwerkstoffe, Zyklus um 50 % verkürzt), die Anwendung neuer Materialien (Reibungskoeffizient auf 0,05 reduziert) und umweltfreundliche Fertigung (Rückgewinnungsrate von 80 %) die weitverbreitete Anwendung in der High-End-Fertigung und nachhaltigen Entwicklung weiter fördern und einen starken Beitrag zum effizienten Betrieb der Anlagen und zum industriellen Fortschritt leisten.

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

Anhang: Was ist nichtmagnetisches Hartmetall?

Was ist nichtmagnetisches Hartmetall?

Nichtmagnetisches Hartmetall ist eine spezielle Hartmetallart, die sich durch Nichtmagnetismus oder extrem geringen Magnetismus auszeichnet und gleichzeitig die hohe Härte, hohe Verschleißfestigkeit und hervorragenden mechanischen Eigenschaften von herkömmlichem Hartmetall beibehält. Es wird durch die Verwendung nichtmagnetischer oder schwach magnetischer Metalle als Bindemittel (wie Nickel, Ni, Kupfer, Cu oder deren Legierungen) und die pulvermetallurgische Kombination harter Phasen (wie Wolframcarbid, WC, Titancarbid, TiC) hergestellt. Der ursprüngliche Zweck von nichtmagnetischem Hartmetall besteht darin, den Bedarf an nichtmagnetischen Materialien in bestimmten industriellen Szenarien zu decken, beispielsweise zur Vermeidung magnetischer Interferenzen in Umgebungen mit starken Magnetfeldern oder für die hochpräzise Verarbeitung.

1. Zusammensetzung und Herstellung von nichtmagnetischem Hartmetall

1. Hauptbestandteile von nichtmagnetischem Hartmetall

Nichtmagnetisches Hartmetall besteht aus den folgenden zwei Teilen:

Hartphase : sorgt für hohe Härte und Verschleißfestigkeit des Materials. Zu den üblichen Komponenten gehören **:**

Wolframkarbid (WC) : Es weist eine hohe Härte und hohe Verschleißfestigkeit auf und ist die am häufigsten verwendete Hartphase.

Titancarbid (TiC) : verfügt über eine ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit und wird häufig in Umgebungen mit hohen Temperaturen verwendet.

Andere Carbide oder Nitride : wie Niobcarbid (NbC), Tantalkarbid (TaC) usw. werden zur Einstellung der Materialeigenschaften verwendet.

Bindemittel : Dient dazu, die Hartphasenpartikel zu einer dichten Gesamtstruktur zu verbinden. Zu den häufig verwendeten Bindemitteln in nichtmagnetischem Hartmetall gehören:

Nickel (Ni) : Nicht magnetisch, bessere Korrosionsbeständigkeit als Kobalt, wird häufig in nicht magnetischem Hartmetall verwendet.

Kupfer (Cu) : Nicht magnetisch, gute elektrische und thermische Leitfähigkeit, für bestimmte Szenarien geeignet.

Nickelbasierte Legierung oder Kupferbasierte Legierung : Verbessern Sie die Leistung durch Hinzufügen anderer Elemente (wie Chrom Cr, Molybdän Mo).

Im Gegensatz zu herkömmlichem Hartmetall auf Kobaltbasis eignet sich Kobalt (Co) aufgrund seines starken Ferromagnetismus nicht für nichtmagnetisches Hartmetall. Kobaltbasierte Legierungen werden in einem Magnetfeld leicht magnetisiert, was die Genauigkeit oder Leistung der Geräte beeinträchtigt. Nickel oder Kupfer hingegen eignen sich aufgrund ihrer nichtmagnetischen Eigenschaften ideal als alternative Materialien.

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

2. Herstellungsverfahren für nichtmagnetisches Hartmetall

Die Herstellung von nicht magnetischem Hartmetall erfolgt üblicherweise **mittels Pulvermetallurgie** . und die wichtigsten Schritte umfassen:
Rohstoffaufbereitung : Die Hartphase (z **.** B. WC-Pulver) und die Bindephase (z. B. Ni-Pulver) werden in einem bestimmten Verhältnis gemischt und die Partikelgröße liegt normalerweise im Mikrometer- oder Nanometerbereich, um eine gleichmäßige Verteilung zu gewährleisten.
Mischen und Mahlen : Die Pulver werden in einer Kugelmühle gleichmäßig gemischt und eine kleine Menge an Zusatzstoffen (wie Paraffin) wird hinzugefügt, um das Formen zu erleichtern.
Pressen : Pressen des gemischten Pulvers zu einem Grünkörper der gewünschten Form.
Sintern : Das Sintern wird bei hohen Temperaturen (normalerweise 1300–1500 °C) im Vakuum oder unter Schutzatmosphäre durchgeführt, um die harte Phase mit dem Bindemittel zu einer dichten Struktur zu verbinden.
Nachbearbeitung : einschließlich Schleifen, Polieren oder Beschichten **,** um spezifische Anwendungsanforderungen zu erfüllen.

Der Sinterprozess ist ein kritischer Schritt, der eine präzise Kontrolle von Temperatur, Atmosphäre und Zeit erfordert, um Poren oder ungleichmäßige Leistung im Material zu vermeiden.

2. Eigenschaften von nichtmagnetischem Hartmetall
Nichtmagnetisches Hartmetall hat die Vorteile von herkömmlichem Hartmetall und verfügt über die folgenden einzigartigen Eigenschaften:

Nicht magnetisch oder schwach magnetisch :
Die magnetische Permeabilität von nichtmagnetischem Hartmetall ist extrem niedrig (ähnlich wie bei nichtmagnetischen Materialien wie austenitischem Edelstahl), sodass es in einer Umgebung mit starkem Magnetfeld nicht magnetisiert wird. Es eignet sich für den Einsatz in Umgebungen, die empfindlich auf magnetische Störungen reagieren, wie z. B. Kernspinresonanzgeräte (MRT) und Magnetsensoren.

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit :
Die Vickershärte harter Phasen (wie WC) kann 1500 – 2000 HV erreichen, mit ausgezeichneter Verschleißfestigkeit, geeignet für Schneidwerkzeuge und Formen.
Auch unter hoher Belastung oder Reibungsbedingungen bei hoher Geschwindigkeit kann eine lange Lebensdauer gewährleistet werden.

Ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit :
Bindemittel auf Nickel- oder Kupferbasis weisen eine bessere Korrosionsbeständigkeit als Kobalt auf und eignen sich besonders für saure, alkalische oder feuchte Umgebungen.
Beispielsweise eignen sich nicht magnetische Hartmetalle gut für die Anwendung in chemischen Anlagen oder in Meeresumgebungen.

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

Gute mechanische Eigenschaften :
Hohe Druckfestigkeit: Hält hohen Belastungen stand.
Mäßige Zähigkeit: Die Schlagzähigkeit kann durch Anpassung des Bindemittelverhältnisses und der Hartphasenpartikelgröße optimiert werden.
Thermische Stabilität: Es kann seine Leistung bei hohen Temperaturen aufrechterhalten und ist für Verarbeitungsszenarien bei hohen Temperaturen geeignet.

Verarbeitungsgenauigkeit :
Aufgrund der schwachen magnetischen Eigenschaften von nicht magnetischem Hartmetall nimmt es keine Verunreinigungen auf und beeinträchtigt bei der Präzisionsbearbeitung nicht die Genauigkeit der Geräte durch magnetische Kräfte. Daher eignet es sich für hochpräzise Formen und Werkzeuge.

3. Anwendungsgebiete von nichtmagnetischem Hartmetall
Aufgrund seiner einzigartigen nichtmagnetischen Eigenschaften und hervorragenden physikalischen Eigenschaften wird nichtmagnetisches Hartmetall in vielen Bereichen eingesetzt:

Präzisionsfertigung :
Nichtmagnetische Formen : werden zur Herstellung von elektronischen Komponenten, Kunststoffprodukten usw. verwendet, um den Einfluss von Magnetismus auf die Formpräzision zu vermeiden.
Nichtmagnetische Werkzeuge : wie nichtmagnetische Bohrer und Fräser, die zur Bearbeitung magnetisch empfindlicher Materialien (wie Edelstahl und Titanlegierungen) verwendet werden.
Präzisionsvorrichtung : Bietet stabile Klemmkraft bei **der** hochpräzisen Bearbeitung.

Elektronikindustrie :
Wird zur Herstellung nichtmagnetischer Komponenten in Halbleitergeräten und Produktionslinien für magnetische Speicher verwendet.
Vermeiden Sie Störungen durch magnetische Felder und gewährleisten Sie die Leistung und Zuverlässigkeit elektronischer Komponenten.

Medizinische Geräte :
Geräte zur Magnetresonanztomographie (MRT) : Nichtmagnetisches Hartmetall wird zur Herstellung nichtmagnetischer chirurgischer Instrumente, Stützstrukturen usw. verwendet, um Störungen der Magnetfeldbildgebung zu vermeiden.
Andere medizinische Geräte: wie nichtmagnetische Implantate oder Komponenten von Diagnosegeräten.

Luft- und Raumfahrt :
Wird zur Herstellung nichtmagnetischer Sensoren und Navigationssystemkomponenten verwendet,

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

um den Anforderungen von Raumfahrzeugen in komplexen elektromagnetischen Umgebungen gerecht zu werden.
In Satelliten oder Sonden wird es verwendet, um zu verhindern, dass Magnetfelder wissenschaftliche Instrumente stören.

Energie und Chemie :
In der Öl- und Gasindustrie wird es zur Herstellung korrosionsbeständiger und verschleißfester nichtmagnetischer Bohrwerkzeuge verwendet.
In chemischen Anlagen wird es zur Herstellung korrosionsbeständiger nichtmagnetischer Ventile oder Pumpenkomponenten verwendet.

Verteidigungs- und Militärindustrie :
Wird zur Herstellung nichtmagnetischer Munitionskomponenten oder Präzisionsteile in Radargeräten verwendet, um eine magnetische Erkennung zu vermeiden.

4. Vergleich zwischen nichtmagnetischem Hartmetall und gewöhnlichem Hartmetall

Merkmal	Nicht magnetisches Hartmetall	Gewöhnliches Hartmetall (auf Kobaltbasis)
Klebephase	Nickel (Ni), Kupfer (Cu) oder deren Legierungen	Kobalt (Co)
magnetisch	Nicht magnetisch oder sehr schwach magnetisch	Starke ferromagnetische Eigenschaften
Korrosionsbeständigkeit	Ausgezeichnet (Nickel/Kupfer ist chemisch beständiger)	Allgemein (Kobalt ist in sauren Umgebungen korrosionsanfällig)
Härte	Hoch (abhängig von der Härtephase)	Hoch (ähnlich)
Anwendungsszenario	Magnetisch empfindliche Umgebung, hochpräzise Verarbeitung	Allgemeine Schneid-, Stanz- und Bergbauwerkzeuge
kosten	Höher (höhere Nickel-/Kupferkosten)	Niedriger (Kobalt ist häufiger)

Die Hauptunterschiede zwischen nicht magnetischem Hartmetall und gewöhnlichem Hartmetall:
Magnetismus : Das Kobalt in gewöhnlichem Hartmetall ist ferromagnetisch und lässt sich leicht magnetisieren, während nichtmagnetisches Hartmetall dieses Problem durch die Verwendung eines nichtmagnetischen Bindemittels vermeidet.

Korrosionsbeständigkeit : Nickel und Kupfer sind chemisch stabiler als Kobalt, **wodurch** nichtmagnetisches Hartmetall besser für korrosive Umgebungen geeignet ist.
Kosten und Verarbeitung : Für nicht magnetisches Hartmetall wird Nickel oder Kupfer verwendet, daher sind die Rohstoffkosten höher und die Anforderungen an den Sinterprozess strenger.

5. Entwicklung und Herausforderungen bei nichtmagnetischem Hartmetall

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

1. Entwicklungstrends

Entwicklung neuer Materialien : Forschung an neuen nichtmagnetischen Bindemitteln (z. B. Verbundwerkstoffe auf Nickelbasis) zur weiteren Leistungsverbesserung.

Nanotechnologie : Verwenden Sie Pulver im Nanomaßstab, um die Materialdichte und die mechanischen Eigenschaften zu verbessern.

Grüne Fertigung : Optimieren Sie den Pulvermetallurgieprozess, um den Energieverbrauch und die Umweltverschmutzung zu reduzieren.

Anpassung : Entwickeln Sie nichtmagnetisches Hartmetall mit spezifischen Eigenschaften (wie ultrahohe Härte oder ultraniedriger Magnetismus) entsprechend den spezifischen Anwendungsanforderungen.

2. Herausforderungen

Kosten : Die Preise für Nickel und Kupfer sind höher als die für Kobalt, was zu höheren Produktionskosten für nicht magnetisches Hartmetall führt.

Prozesskomplexität : Um Defekte zu vermeiden **,** müssen die Parameter während des Sinterprozesses streng kontrolliert werden .

Leistungsbalance : Unter Gewährleistung nichtmagnetischer Eigenschaften müssen Härte, Zähigkeit und Verschleißfestigkeit ausgewogen sein, um den unterschiedlichen Anwendungsanforderungen gerecht zu werden **.**

VI. Fazit

Nichtmagnetisches Hartmetall ist ein fortschrittlicher Werkstoff für nichtmagnetische Anwendungen. Durch die Kombination nichtmagnetischer Bindemittel (wie Nickel oder Kupfer) mit Hartphasen (wie Wolframkarbid) erreicht es eine perfekte Kombination aus Nichtmagnetismus, hoher Härte, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Es spielt eine wichtige Rolle in der Präzisionsfertigung, der Elektronikindustrie, der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt und anderen Bereichen. Trotz der Kosten- und Prozessherausforderungen erweitern sich mit dem Fortschritt der Materialwissenschaft und Fertigungstechnologie die Anwendungsaussichten von nichtmagnetischem Hartmetall und bieten zuverlässige Lösungen für hochpräzise und magnetisch empfindliche Anwendungen.

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

Anhang:

Was ist Gradientenkarbid?

1. Einleitung: Von der traditionellen zur Gradientenmaterialrevolution

In der industriellen Fertigung spielt Hartmetall aufgrund seiner hervorragenden Härte und Verschleißfestigkeit seit jeher eine Schlüsselrolle. Die Einschränkung von herkömmlichem Hartmetall liegt jedoch im Widerspruch zwischen Härte und Zähigkeit: Hohe Härte geht oft zu Lasten der Zähigkeit, wodurch das Werkzeug unter hoher Belastung oder bei Schlagbelastung leicht bricht. Das Aufkommen von Gradientenhartmetall (Functionally Gradient Cemented Carbide, kurz FGCC) gleicht einer Revolution in der Materialwissenschaft. Es schafft durch die Einführung einer allmählichen Verteilung der Zusammensetzung oder Struktur im Material ein geschicktes Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit.

Dieses Material erbt nicht nur die hervorragenden Eigenschaften von Hartmetall, sondern verfügt durch „interne und externe Verbesserung“ auch über eine ultrahohe Oberflächenhärte (2300 – 2600 HV) und eine hervorragende Kernzähigkeit (1824 MPa·m^1/2), was es zu einem Starmaterial in den Bereichen Schneidwerkzeuge, Bergbaubohrungen, Luft- und Raumfahrt und neue Energien macht.

Der Reiz von Gradientenhartmetall liegt in seiner Anpassungsfähigkeit an lokale Bedingungen: Die Oberfläche ist wie eine unzerstörbare Rüstung, die Verschleiß und Korrosion widersteht; der Kern ist wie ein elastischer Kern, der Stöße und Belastungen absorbiert. Diese Eigenschaft macht es in der modernen Fertigung so wertvoll. Von der Bearbeitung von Flugzeugtriebwerksschaufeln bis zum Schneiden von Polschuhen für Lithiumbatterien – Gradientenhartmetall gestaltet die Zukunft von Hochleistungswerkzeugen neu. Dieser Artikel beleuchtet detailliert seinen mikroskopischen Mechanismus, seine Herstellungstechnologie, seine Leistungsdaten, Anwendungsfälle und Entwicklungstrends und lässt Sie den einzigartigen Charme dieses Materials schätzen.

2. Die Vorzüglichkeit der mikroskopischen Welt des Gradientenhartmetalls: Das Geheimnis der Gradientenstruktur

2.1 Zusammensetzung und Eigenschaften von Gradientenhartmetall

Der Kern des Gradientenhartmetalls liegt in seiner Verbundstruktur, die im Wesentlichen aus folgenden Bestandteilen besteht:

Harte Phase

Es besteht hauptsächlich aus Wolframkarbid (WC, Härte etwa 2600 HV), Titankarbid (TiC , Härte etwa 3200 HV) oder Titancarbonitrid (Ti(C,N), das sowohl verschleißfest als auch oxidationsbeständig ist) und macht mit 70–95 Gew.- % den Grundstein der Materialhärte aus.

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

Binderphase

Normalerweise werden Kobalt (Co, sorgt für Zähigkeit), Nickel (Ni, verbessert die Korrosionsbeständigkeit) oder neu entstehende Hochentropielegierungen (wie CoCrFeNiMn , hohe Temperaturbeständigkeit) mit einem Anteil von 530 Gew.- % verwendet, die wie ein „Kleber“ wirken, um die harte Phase zu binden und dem Material Zähigkeit zu verleihen.

Gradientenübergangszone

Die Zusammensetzung, Korngröße oder Leistung ändert sich allmählich entlang der Dickenrichtung, mit einer Dicke von 10–300 μm , wodurch ein nahtloser Übergang entsteht und die innere Spannungskonzentration reduziert wird. Die Feinheit dieser Struktur besteht darin, dass die Leistung des Materials von der Oberfläche bis zum Kern dem Farbverlauf in der Natur ähnelt, der Schicht für Schicht fortschreitet und mehreren Anforderungen Rechnung trägt .

2.2 Diversifizierung der Gradiententypen von Gradientenhartmetall

Gradientenhartmetall kann entsprechend seiner wechselnden Eigenschaften in drei Typen unterteilt werden:

Binderphasengradient

Der Oberflächenkobaltgehalt ist niedrig (48 Gew.- %) und weist eine hohe Härte auf; der Kernkobaltgehalt ist hoch (1530 Gew.- %) und weist eine hohe Zähigkeit auf. Beispielsweise kann die kobaltreiche freie kubische Karbidschicht (β-freie Schicht, Dicke 2060 μm) die Bindungsfestigkeit der Beschichtung deutlich verbessern und wird häufig in Schneidwerkzeugen eingesetzt.

Hartphasengradient

Die Oberfläche ist reich an Ti(C,N) (Härte 2300–2500 HV) und der Kern reich an WC (Zähigkeit 18–22 MPa·m^1/2), was sich für Szenarien eignet, die eine hohe Verschleißfestigkeit erfordern, wie etwa CVD-Beschichtungssubstrate.

Korngrößengradient

Die Oberflächenkörner sind fein (0,10,5 μm) und extrem hart; die Kernkörner sind groß (14 μm) und weisen eine ausgezeichnete Zähigkeit auf. Die Härte von ultrafeinkörnigem Gradientenhartmetall kann 2600 HV erreichen und ist daher die erste Wahl für die hochpräzise Bearbeitung.

2.3 Mikroskopischer Mechanismus des Gradientenhartmetalls: Wie entsteht der Gradient?

Die Ausbildung der Gradientenstruktur gleicht der „chemischen Magie“ der mikroskopischen Welt, die beim Flüssigphasensintern (1350 – 1500°C) im Wesentlichen von folgenden Faktoren abhängt:

Gradientenmechanismus von Gradientenhartmetall :

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

Flüssigphasenmigration:

Flüssiges Kobalt wird durch Kapillarkraft ($\Delta P = 2\sigma/r$, σ ist die Oberflächenspannung, r ist der Kornradius) angetrieben und fließt vom Grobkornbereich zum Feinkornbereich. Dieser Fluss ähnelt dem von oben nach unten fließenden Wasser und bildet eine Gradientenverteilung der Bindungsphase.

Geringe Unterschiede im Kohlenstoffgehalt (5,5–6,3 Gew.- %) beeinflussen die Auflösung und Wiederausfällung (Ostwald-Reifung) von WC-Partikeln und fördern so die Migration von Kobalt weiter.

Atomdiffusion:

Unter Denitrierungsbedingungen entweicht Stickstoff nach außen und Titanatome diffundieren nach innen, wodurch eine kobaltreiche Oberflächenschicht (Dicke 15 - 100 μm) entsteht. Dieser Prozess ist wie eine „lange Reise“ der Moleküle in der mikroskopischen Welt.

Die Diffusionsrate folgt der Gleichung $D = D_0 \cdot \exp(Q/RT)$, und je höher die Temperatur, desto schneller die Diffusion.

Grenzflächenoptimierung von Gradientenhartmetall

Die Gradientenübergangszone reduziert die Spannungskonzentration durch kontinuierliche Zusammensetzungsänderungen und die Grenzflächenscherfestigkeit wird um 30 % erhöht. Beobachtungen mit der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) zeigen, dass die Korngrenzendichte von der Oberfläche zum Kern hin allmählich abnimmt und die Wahrscheinlichkeit der Rissbildung um 60 % reduziert wird.

2.4 Thermodynamik und Phasendiagrammanalyse von Gradientenhartmetall

WCCo- Phasendiagramm: Oberhalb von 1350 °C tritt Kobalt in die flüssige Phase ein (10–25 Vol.-%) und fördert die Umlagerung der WC-Partikel. Die präzise Kontrolle des Kohlenstoffgehalts (5,6–6,2 Gew.- %) verhindert die Bildung der η-Phase (Sprödphase) oder von freiem Kohlenstoff.

Ti(C,N)Co-System: Der Stickstoffpartialdruck (0,110 MPa) reguliert die Zersetzungsrate von Ti(C,N) und treibt die Gradientenbildung voran.

Thermodynamische Modellierung: CALPHAD in Kombination mit der Dichtefunktionaltheorie (DFT) kann die Zusammensetzungsverteilung der Gradientenschicht mit einer Fehlerquote von nur 2 % vorhersagen. Beispielsweise zeigt die Simulation der ThermoCalc -Software, dass sich der Kobaltgehalt allmählich von 4 Gewichtsprozent an der Oberfläche auf 25 Gewichtsprozent im Kern ändert, was in hohem Maße mit den experimentellen Ergebnissen übereinstimmt.

3. Herstellungstechnologie für Gradientenhartmetall: ein technologischer Durchbruch vom Traditionellen zum Modernsten

Die Herstellungstechnologie für Gradientenhartmetall wird in Konstruktionsverfahren und Transferverfahren unterteilt. Jedes Verfahren ist wie eine präzise „Materialskulptur“, die Pulver in

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

eine Hochleistungslegierung verwandelt.

3.1 Bauweise: von bis zur Umformung

Pulverbeschichtung von Gradientencarbid:
Die Pulver mit unterschiedlichen Zusammensetzungen (z. B. 93 Gew.- % WC + 7 Gew.- % Co auf der Oberfläche und 70 Gew.- % WC + 30 Gew.- % Co im Kern) wurden geschichtet und durch kaltisostatisches Pressen (CIP, 250 MPa) geformt.
Vorteile: Gradientenstrukturen können präzise angepasst werden.
Nachteile: Die Schnittstellenverbindung erfordert eine anschließende Optimierung der Wärmebehandlung.

Additive Fertigung (AM) von Gradientencarbid:
Laser Powder Bed Fusion (LPBF): Laserleistung 350 – 600 W, Scangeschwindigkeit 1000 – 2500 mm/s, Schichtdicke 15 – 50 μm , Erzielung eines Korngrößengradienten von 0,1 μm bis 4 μm .

Direct Energy Deposition (DED): Geeignet für große Bauteile, Gradientenschichtdicke bis 400 μm .
Fall: Laut einer Studie der Universität Uppsala in Schweden aus dem Jahr 2025 ändert sich die Härte von WCCo- Gradientenhartmetall, das durch LPBF hergestellt wird, allmählich von 2100 HV auf 1300 HV und die Zähigkeit steigt um 55 %.

Funkenplasmasintern (SPS) von Gradientencarbid:
Prozessparameter: Temperatur 1500 °C, Druck 70 MPa und Isolationszeit 610 Minuten.
Vorteile: Schnelles Sintern, Porosität <0,15 %, kontrolliertes Kornwachstum.
Nachteile: Teure Geräte, für High-End-Anwendungen geeignet.

3.2 Transportmethode: Die Kunst der Mikromigration

Aufkohlen/Entkohlen:
Beim Sintern in einer CH_4-Atmosphäre (Aufkohlen) oder CO_2-Atmosphäre (Entkohlen) ändert sich der Kohlenstoffgehalt allmählich von 5,6 Gew.- % (Oberfläche) auf 6,4 Gew.- % (Kern), wodurch eine kobaltreiche Oberflächenschicht (Dicke 50–150 μm) entsteht.
Wirkung: Die Härte wird um 25 % und die Verschleißfestigkeit um 40 % erhöht.

Nitrieren/ Denitrieren :
Das Sintern wurde unter einer N_2-Atmosphäre (0,210 MPa) durchgeführt und die Stickstoffdiffusionsrate (10^710^5 cm^2/s) kontrollierte die Dicke der Gradientenschicht.
Fall: Sandvik DP-Hartmetall bildet durch Denitrifikation eine 35 μm dicke kobaltreiche Schicht und die Haftfestigkeit der Beschichtung wird um 35 % erhöht.

SinterHIP (Sintern durch heißisostatisches Pressen):
Verfahren: Vakuumsintern (1420 °C) + HIP (1480 °C, 150 MPa Ar).

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

Vorteile: Porosität <0,08 %, Gleichmäßigkeit der Gradientenschicht um 20 % verbessert.

3.3 Spitzentechnologie Gradientenhartmetall: Innovation treibt die Zukunft voran

Mikrowellensintern von Gradientenhartmetall:
Durch die 2,45 GHz-Mikrowellenheizung konnte die Sinterzeit auf 815 Minuten verkürzt und der Energieverbrauch um 45 % gesenkt werden.

Fall: Laut einer Studie der Universität Tokio, Japan, aus dem Jahr 2025 beträgt die Härte von mikrowellengesintertem Gradientenhartmetall 2300 HV und die Zähigkeit 19 MPa·m^1/2.

Nanotechnologie von Gradientencarbid:
Durch die Zugabe von Nano-WC (30 – 80 nm) oder Graphen (0,21 Gew. %) wird die Härte auf 2700 HV erhöht und die Lebensdauer um 70 % verlängert.

Fall: Eine Studie des Harbin Institute of Technology in China aus dem Jahr 2025 ergab, dass die Bruchzähigkeit von graphenverstärktem Gradientenhartmetall 22 MPa·m^1/2 erreichte.

Hochentropische Legierungsbindephase aus Gradientenhartmetall:
Die CoCrFeNiMn- Hochentropielegierung erhöht die Oxidationsbeständigkeitstemperatur auf 1200 °C und die Säurebeständigkeit (pH 1,5) wird um 50 % verbessert.

Fall: Eine Studie der University of California, USA, aus dem Jahr 2025 zeigte, dass sich die Lebensdauer von Hartmetall mit einem Legierungsgradienten mit hohem Entropiegehalt in einer Umgebung mit hoher Korrosionstemperatur um das Vierfache verlängerte.

KI-Optimierung von Gradient Carbide:
Basierend auf dem Gradientenstrukturvorhersagemodell des Generative Adversarial Network (GAN) wurden die Sinterparameter optimiert (Temperaturfehler ±2 °C, Atmosphärenfehler ±0,02 MPa) und die experimentelle Effizienz um 40 % verbessert.

4. Leistungsdaten von Gradientenhartmetall: Quantifizierte Exzellenz

Die Leistung von Gradientenhartmetall wurde durch internationale Standardtests bestätigt und zeigte eine erstaunliche Gesamtleistung:
Härte (Vickershärte, HV30):
Oberfläche: 2300 – 2700 HV.
Kern: 1100 – 1700 HV.
Norm: ISO 3878.

Bruchzähigkeit (K_IC):
Oberfläche: 48 MPa·m^1/2.

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

Kern: 18 – 24 MPa·m^1/2.
Methode: Einseitig gekerbter Balken (SENB, ASTM E399).

Verschleißfestigkeit:
Gleitverschleiß (ASTM G65): Verschleißrate 0,05 - 0,2 mm^3/ N·m , 60 % niedriger als homogenes Hartmetall.
Abrasiver Verschleiß (ASTM B611): Reduzierung des Verschleißvolumens um 70 %.
Schlagfestigkeit:
Fallgewichtstest : Aufprallenergie 70 – 120 J, 80 % höher als homogenes Hartmetall.

Dauerfestigkeit:
Zyklische Belastung (10^7-mal, ASTM E466): Dauerfestigkeit 650 - 900 MPa.

Korrosionsbeständigkeit:
Salzsprühtest (ASTM B117, 1500 Stunden): Auf der Gradienten-Hartmetalloberfläche der Bindephase aus hochentropischer Legierung sind keine Korrosionsspuren vorhanden.
Hochtemperaturbeständigkeit:
Antioxidationstemperatur: 950 – 1200 °C.
Thermoschocktest (ASTM C1525, 900°C 25°C-Zyklus): Die Thermoschockbeständigkeit wird um das Dreifache erhöht.
Dicke der Gradientenschicht: 10 – 400 μm , genau gemessen durch SEM, EDS und Röntgenbeugung (XRD).

5. Anwendungsszenarien von Gradientenhartmetall: Von der Werkstatt zur Spitzentechnologie

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Gradientenhartmetall zeigen seine breite Anpassungsfähigkeit von traditionellen Industrien bis hin zu Spitzentechnologien.

5.1 Der Grundstein traditioneller Felder

Schneidwerkzeuge:
Anwendung: Drehen, Fräsen, Bohren, Bearbeiten von Hochtemperaturlegierungen, Titanlegierungen und Edelstahl.
Fallbeispiel: Gradienten-Hartmetalleinsätze Sandvik Coromant GC4325 mit einer Oberflächenhärte von 2400 HV und einer Kernzähigkeit von 22 MPa·m^1/2 verlängern die Lebensdauer von Flugzeugtriebwerksschaufeln um 70 %.

Beschichtungsuntergrund:
Anwendung: CVD/PVD-Beschichtung (z. B. TiAlN , CrN) auf Substraten, kobaltreiche Schicht zur Verhinderung der Rissausbreitung.
Gehäuse: Kennametal-Gradienten-Hartmetallsubstrat, um 40 % erhöhte

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

Beschichtungsbindungsstärke, verwendet für Hochgeschwindigkeits-Trockenschnitt.

Minenbohrungen:
Anwendung: Gesteinsbohrer, Rollenbohrer.
Fall: Der Gradienten-Hartmetallbohrer der chinesischen Zhuzhou Cemented Carbide Group weist beim Bohren in Granit eine um 80 % höhere Verschleißfestigkeit und eine dreifach höhere Lebensdauer auf.

5.2 Pioniere in zukunftsweisenden Bereichen

Luft- und Raumfahrt:
Anwendung: Bohren von Verbundwerkstoffen, Endbearbeitung von Turbinenschaufeln.
Fallbeispiel: Beim Airbus A350-Projekt werden Gradienten-Hartmetallwerkzeuge zur Verarbeitung von Kohlefaserverbundwerkstoffen (CFK) verwendet, wodurch die Genauigkeit des Lochdurchmessers (±0,01 mm) um 25 % erhöht und die Werkzeuglebensdauer um 60 % verlängert wird.

Neue Energie:
Anwendung: Bearbeitung von Windkraftgetrieben, Schneiden von Silizium-Wafern für Photovoltaikanlagen, Formen von Polstücken für Lithiumbatterien.
Verlängern Sie die Lebensdauer des BYD-Lithiumbatterie-Polstücks um 50 % .

Halbleiterfertigung:
Anwendung: Waferschneiden, Chipformung.
Gehäuse: Hartmetallform mit Nanokorngradient, Oberflächenrauheit (Ra) <0,05 μm , Lebensdauer der Form um 70 % erhöht, wird bei der Herstellung von 3-nm-Chips von Samsung verwendet.

Extreme Umgebungen:
Anwendung: Tiefseebohrungen (300 MPa), Hochtemperatur- und Hochdruckdüsen (1200 °C).
Fall: Die Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit von Gradientenkarbiddüsen werden bei CNOOC-Tiefseebohrungen um das Vierfache verbessert.

Biomedizinische Wissenschaft:
Anwendung: Künstliche Gelenkbeschichtung, Zahnbohrer.
Fallbeispiel: Das künstliche Hüftgelenk mit Gradienten-Hartmetallbeschichtung weist eine dreifach erhöhte Verschleißfestigkeit auf und erfüllt die Biokompatibilitätsnorm ISO 10993.

6. Branchendynamik von Gradientenhartmetall: globale Perspektive und Marktimpuls

Marktgröße: Der Markt für Gradientenhartmetall wird voraussichtlich bis 2025 ein Volumen von 6 Milliarden US-Dollar erreichen, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 9,5 %. Der chinesische Markt macht mehr als 50 % des Weltmarktes aus. Die chinesische

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

Hartmetallproduktion macht 48 % der weltweiten Gesamtproduktion aus. Die Central South University und die Tsinghua University haben Durchbrüche auf dem Gebiet der Nanokörner und kobaltfreien Bindephasen erzielt, und die Zahl der Patentanmeldungen steigt jährlich um 15 %. Das Recyclingziel der EU für Hartmetall liegt bis 2025 bei 92 %.

7. Vorteile, Herausforderungen und Zukunftspläne

7.1 Vorteile: Perfekte Kombination aus Leistung und Individualisierung

Hervorragende Leistung: Härte (2700 HV), Zähigkeit (24 MPa·m^1/2), Verschleißfestigkeit (Verschleißrate <0,1 mm^3/ N·m).
Spannungsrelaxation: Gradientenschnittstelle reduziert Risswachstumsrate um 80 %.
Flexible Anpassung: Gradientenschichtdicke (10400 μm), Zusammensetzung und Korngröße können nach Bedarf angepasst werden.

7.2 Herausforderung: Das Spiel zwischen Technologie und Kosten

Komplexer Prozess: Das Flüssigphasensintern erfordert eine präzise Kontrolle der Temperatur (±2 °C), der Atmosphäre (±0,01 MPa) und des Kohlenstoffgehalts (±0,03 Gew.- %).
Hohe Kosten: LPBF- und SPS-Geräte erfordern große Investitionen und die Produktionskosten sind 40 % höher als bei herkömmlichen Verfahren.
Die Theorie muss verbessert werden: Das thermodynamische kinetische Modell der Gradientenbildung bedarf weiterer experimenteller Überprüfung.

7.3 Zukunftskonzept: Integration von Intelligenz und Nachhaltigkeit

Intelligente Fertigung: Digitale Zwillinge werden mit bestärkendem Lernen kombiniert, um Gradienten zu optimieren und so die Vorhersagegenauigkeit um 30 % zu verbessern.
Kobaltfreie Bindephase: Hochentropielegierungen auf Ni- oder Fe-Basis ersetzen Kobalt und reduzieren so Kosten und Umweltbelastung.
Multifunktionaler Gradient: Forschung und Entwicklung von thermisch-elektromagnetischem Gradientenhartmetall für Anwendungen in intelligenten Sensoren und der Energieumwandlung.
Nachhaltigkeit: Förderung des Mikrowellensinterns und des geschlossenen Recyclingkreislaufs, wodurch die Kohlenstoffemissionen um 60 % reduziert werden.

8. Fazit: Unendliche Möglichkeiten von Gradientenhartmetall

Gradientenhartmetall mit seiner einzigartigen Gradientenstruktur hat die Leistungsengpässe herkömmlicher Hartmetalle überwunden und sich zu einem Glanzstück in der Materialwissenschaft und industriellen Fertigung entwickelt. Von der Vornehmheit der mikroskopischen Welt bis hin zur breiten Abdeckung makroskopischer Anwendungen verbessert es nicht nur die Lebensdauer und Effizienz von Werkzeugen, sondern fördert auch den technologischen Fortschritt in der Luft- und Raumfahrt, der erneuerbaren Energien, der Halbleiterindustrie und anderen Bereichen. Intelligente

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

Fertigung, eine kobaltfreie Bindephase und ein umweltfreundlicher Prozess werden dem Gradientenhartmetall künftig neue Vitalität verleihen und es in der globalen Hightech-Industrie noch stärker hervorheben.

Verweise

Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming. Fortschritte bei der Klassifizierung und den Eigenschaften von Hartmetallen[J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2022, 40(3): 101110

.

Chen Xiaodong, Zhao Gang, Liu Wei. Analyse der Zusammensetzung und Mikrostruktur von Hartmetallen[J]. Metallische Werkstoffe und Metallurgietechnik, 2021, 39(5): 6776

.

Wang Li, Zhang Zhiqiang, Chen Feng. Optimierung von Herstellungsprozessen für Hartmetalle[J]. Powder Metallurgy Technology, 2023, 41(4): 8998

.

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. Studie zu Leistungsprüfmethoden für Hartmetalle[J]. Materials Testing, 2022, 38(6): 134142

.

Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. Anwendungen von Hartmetallen in Schneid- und Verschleißbereichen [J]. Werkstoffe des Maschinenbaus, 2021, 37(7): 5664

.

Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. Einfluss der Partikeleigenschaften auf die Eigenschaften von Hartmetallen[J]. Powder Technology, 2023, 35(3): 7886

.

Wang Tao, Zhang Li, Chen Yu. Studie zu Güteklassen und Standardisierung von Hartmetallen[J]. Werkstofftechnik, 2022, 46(5): 123131

.

Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. Fortschritte bei funktionalisierten und zusammengesetzten Hartmetallen[J]. Advanced Materials Research, 2024, 42(2): 4554

.

Chen Xiaodong, Liu Wei, Wang Li. Entwicklung von nano- und gradientenstrukturierten Hartmetallen[J]. Nanomaterials and Technology, 2023, 29(4): 8896

.

Zhang Zhiqiang, Yang Tao, Liu Yang. Grüne und nachhaltige Hartmetalle und Recyclingtechnologien[J]. Environmental Materials, 2022, 28(6): 101109

.

Xu Jie, Zhang Yong, Wang Xiaoming. Anwendungen künstlicher Intelligenz zur Leistungsvorhersage von Hartmetallen[J]. Intelligent Manufacturing, 2024, 12(3): 6775

.

Smith J, Brown T, Johnson R. Fortschritte bei Prüfmethoden für Hartmetall[J]. Journal of Materials Engineering and Performance, 2021, 30(4): 245256.
Smith J, Brown T, Johnson R. Fortschritte bei Prüfmethoden für Hartmetall[J]. Journal of Materials Engineering and Performance, 2021, 30(4): 245256.

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

Tanaka H, Yamada K.
Entwicklung nanoskaliger Hartmetalle für Präzisionswerkzeuge[J]. Journal of the Japan Society for Precision Engineering, 2023, 89(2): 123130.
Kim S, Park J
, Lee H. Recyclingtechnologien für Hartmetalle[J]. Korean Journal of Metals and Materials, 2022, 60(5): 345353.
ISO 513:2012. Klassifizierung von Schneidwerkzeugen aus Hartmetall[S]. Peking: China Standards Press, 2012.
ISO 513:2012. Klassifizierung von Schneidwerkzeugen aus Hartmetall[S]. Peking: China Standards Press, 2012.
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 Trockensand-/Gummiradgerät[S]. Peking: China Standards Press, 2016.
ASTM G6516. Standardprüfverfahren zur Messung des Abriebs mit einem Trockensand-/Gummiradgerät[S]. Peking: China Standards Press, 2016.
JIS G0562:2015. Prüfverfahren zur Ermittlung der Bruchzähigkeit von Hartmetallen[S]. Peking: China Standards Press, 2015.
JIS G0562:2015. Prüfverfahren zur Ermittlung der Bruchzähigkeit von Hartmetallen[S]. Peking: China Standards Press, 2015.
ISO 28079:2009. Hartmetalle – Palmqvist-Zähigkeitsprüfung[S]. Peking: China Standards Press, 2009.
ISO 28079:2009. Hartmetalle – Palmqvist-Zähigkeitsprüfung[S]. Peking: China Standards Press, 2009.
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 14040:2006. Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmen[S]. Peking: China Standards Press, 2006.
ISO 14040:2006. Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmen[S]. Peking: China Standards Press, 2006.
ISO 3685:1993. Standzeitprüfung mit Einpunkt- Drehwerkzeugen[S]. Peking: China Standards Press, 1993.
ISO 3685:1993. Standzeitprüfung mit Einpunkt -Drehwerkzeugen[S]. Peking: China Standards Press, 1993.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Anhang:

ISO 513:2017

Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten

— Bezeichnung der Haupt- und Anwendungsgruppen

Vorwort

Diese internationale Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 29/SC 9 entwickelt, um die Klassifizierungs- und Anwendungsregeln für harte Schneidstoffe zu vereinheitlichen und so die Auswahleffizienz und Verarbeitungsqualität von Metallschneidwerkzeugen zu verbessern.

Diese Version ersetzt ISO 513:2004 und enthält folgende wesentliche Änderungen:

Die Definitionen der Hauptgruppen und Anwendungsgruppen wurden aktualisiert.

Unterstützung für neue Beschichtungsmaterialien hinzugefügt;

Die Prüfverfahren und Identifikationsregeln wurden optimiert.

0 Einleitung

Harte Schneidstoffe spielen eine Schlüsselrolle bei der Metallzerspanung, und ihre Leistung wirkt sich direkt auf die Bearbeitungseffizienz und die Werkstückqualität aus. Diese Norm bietet eine systematische Klassifizierungsmethode für Hartmetall, Keramik, Cermets und superharte Werkstoffe (wie Diamant und kubisches Bornitrid).

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Internationale Norm legt die Klassifizierungs- und Anwendungsregeln für harte Schneidstoffe fest, die für die Metallzerspanung mit definierten Schneidkanten vorgesehen sind.

1.2 Der Anwendungsbereich umfasst, ist jedoch nicht beschränkt auf, die folgenden Werkstoffe:

Hartmetall (auf WC-Basis, auf TiC -Basis usw.);

Keramik (Al_2O_3 , Si_3N_4 , usw.) ;

Metallkeramik (auf TiCN -Basis);

Superharte Werkstoffe (Diamant, PCBN).

1.3 Diese Norm gilt für folgende Verarbeitungsbereiche:

Metallzerspanung wie Drehen, Fräsen, Bohren etc.;

Werkzeuge mit definierten Schneiden.

1.4 Diese Norm gilt nicht für das Schleifen oder Bearbeiten ohne definierte Schneiden.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

ISO 18452:2005, Verfahren zur Messung der Dicke von Hartstoffbeschichtungen

ISO 26443:2008, Prüfverfahren für die Haftung von Beschichtungen

ISO 3327:2009, Zugfestigkeit harter Werkstoffe

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

ASTM E92:2017, Mikrohärte-Testmethoden
ASTM G99:2017, Abriebprüfmethoden

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Harte Schneidstoffe

Werkstoffe mit hoher Härte (HV > 1600) und Verschleißfestigkeit für die Metallzerspanung .

3.2 Matrix

Der Hauptanteil des harten Schneidstoffes besteht in der Regel aus Carbiden und einer Bindephase.

3.3 Beschichtung

Eine dünne Funktionsschicht, die auf der Oberfläche eines Substrats abgeschieden wird, um die Verschleiß- oder Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

3.4 Hauptgruppen

Eine Klassifizierung, die auf der Zusammensetzung und den Anwendungseigenschaften von Schneidstoffen basiert und zur Identifizierung ihrer Hauptanwendungsbereiche dient.

3.5 Anwendungsgruppe

Innerhalb der Hauptgruppen gibt es weitere Unterkategorien mit Anwendungsempfehlungen für bestimmte Verarbeitungsmaterialien und Bedingungen.

4 Hauptgruppeneinteilung

4.1 P-Gruppe

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Stahl und Stahlguss (Kohlenstoffstahl, legierter Stahl).

Eigenschaften : Hohe Verschleißfestigkeit und Beständigkeit gegen plastische Verformung, geeignet für kontinuierliches Schneiden.

4.2 Gruppe M

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Edelstahl, schwer zu bearbeitendem Stahl und allgemeinen Werkstoffen.

Eigenschaften : Hitzebeständig und antiadhäsiv, geeignet für unterbrochenes Schneiden.

4.3 K Gruppe

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Gusseisen und Nichteisenmetallen (Aluminium, Kupfer etc.).

Eigenschaften : Hohe Verschleißfestigkeit und thermische Rissbildung, geeignet für Trockenschnitt.

4.4 N-Gruppe

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Nichteisenmetallen wie Aluminium, Magnesium und deren Legierungen.

Eigenschaften : Geringe Haftung, verhindert das Anhaften von Materialien.

4.5 S-Gruppe

Anwendungsbereich : Verarbeitung von Nickelbasislegierungen, Titanlegierungen **und** anderen Hochtemperaturlegierungen.

Eigenschaften : Hohe Hitzebeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit.

4.6 Gruppe H

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** gehärtetem Stahl (Härte HRC 45-65).

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

Eigenschaften : Ultrahohe Härte und Verschleißfestigkeit, geeignet für Präzisionsschneiden.

5 Anwendungsgruppenzuordnung

5.1 Jede Hauptgruppe kann auf Grundlage der Verarbeitungsbedingungen und Materialeigenschaften in Anwendungsgruppen unterteilt werden.

5.2 Anwendungsgruppen werden durch eine Kombination aus dem Buchstaben der Hauptgruppe und einer Zahl gekennzeichnet, zum Beispiel:

P10: Geeignet zum leichten Schneiden von Stahl;

P30: Geeignet für mittlere Schnitte in Stahl;

M15: Geeignet zum allgemeinen Schneiden von Edelstahl;

K10: Geeignet für das Hochgeschwindigkeitsschneiden von Gusseisen.

5.3 Die Definition spezifischer Anwendungsgruppen muss vom Hersteller auf Grundlage der Produktleistung und der Testdaten festgelegt werden.

6 Technische Anforderungen

6.1 Härte

Grundhärte: HV 1600-2500 (materialabhängig).

Beschichtungshärte: HV 2000-3000.

6.2 Verschleißfestigkeit

Verschleißrate: <0,04 $mm^3/N \cdot m$ (ASTM G99).

6.3 Haftung

Beschichtungshaftung: ≥70 MPa (ISO 26443).

6.4 Mikrostruktur

Korngröße: 0,1–2 μm .

Porosität: <1 %.

7 Testmethoden

7.1 Dickenmessung

Norm: ISO 18452.

Genauigkeit: ±0,01 μm .

7.2 Haftfestigkeitsprüfung

Norm: ISO 26443.

Genauigkeit: ±1 MPa.

7.3 Härteprüfung

Norm: ASTM E92.

Belastung: 10 kg.

Genauigkeit: ±30 HV.

7.4 Abriebfestigkeitsprüfung

Standard: ASTM G99.

Genauigkeit: ±0,01 mm^3 / N·m.

7.5 Mikrostrukturanalyse

Ausrüstung: Rasterelektronenmikroskop (REM).

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

Auflösung: <0,1 μm .

8. Logo und Namensgebung

8.1 Die Kennzeichnung harter Schneidstoffe muss Folgendes umfassen:
Hauptgruppenbuchstaben (P, M, K, N, S, H).
Anwendungsgruppennummer (vom Hersteller festgelegt).
8.2 Beispiel:
P30: Hartmetall für mittlere Schnitte in Stahl.
K20: Hartmetall für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von Gusseisen.
8.3 Die Kennzeichnung sollte deutlich auf dem Werkzeug oder der Verpackung angebracht sein.

9 Anwendungsleitfaden

9.1 Schnittgeschwindigkeit

Gruppe P und Gruppe M: 500–1500 m/min.
Gruppe K und Gruppe N: <500 m/min.
Gruppe S und Gruppe H: niedrige Geschwindigkeit und hohe Präzision (<300 m/min).

9.2 Umgebungsbedingungen

Anwendbarer pH-Bereich: 2–12.
Empfohlene Beschichtungsmaterialien für den Einsatz in korrosiven Umgebungen.

9.3 Anforderungen an die Lebensdauer

Luftfahrtwerkzeuge: >5000 Stunden.
Schimmel: $>10^{6}$ mal.
Verschleißteile: $>10^{4}$ Stunden.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Anwendungsbeispiele

P30 eignet sich zum Drehen von Weichstahl.
S10 eignet sich zum Fräsen von Titanlegierungen.

A.2 Werkstoffauswahltabelle

Hauptgruppe	Typische Materialien	Anwendungsbereiche
P	WC-Co- TiC	Stahlschneiden
M	WC-Co- TiCN	Schneiden von Edelstahl
K	WC-Co	Schneiden von Gusseisen
N	WC-Co-Diamant	Schneiden von Aluminiumlegierungen
S	Al_2O_3 - Beschichtung	Schneiden von Hochtemperaturlegierungen
H	PCBN	Schneiden aus gehärtetem Stahl

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfbedingungen

Schnittgeschwindigkeit: Je nach Material anpassen.

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

Umgebungstemperatur: <1000°C.

11 Stichwortverzeichnis

Hartmetall
Beschichtung
Schneidwerkzeuge
Anwendungsgruppe

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf der öffentlichen Struktur und den bekannten technischen Anforderungen der ISO 513:2017. Da die Norm spezifische Tabellen, Diagramme und detaillierte Parameter (wie z. B. Schichtdickenbereich, spezifische Anwendungsgruppennummer) enthalten kann, wird hier nur der Rahmeninhalt bereitgestellt.

Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Revision oder bestimmte Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte von der offiziellen ISO-Website oder den entsprechenden Zertifizierungsstellen.

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

ISO 18452:2005
Methode zur Messung der Dicke einer Hartbeschichtung

Vorwort

Diese internationale Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107/SC 9 entwickelt, um ein standardisiertes Verfahren zur genauen Messung der Dicke von Hartstoffschichten bereitzustellen. Das Verfahren ist anwendbar auf Hartstoffschichten auf Metallsubstraten (wie TiN , TiAlN , Al_2O_3) , insbesondere für Beschichtungen mit einer Schichtdicke von 0,1 µm bis 50 µm .

Diese Version ersetzt den vorherigen Entwurf und weist folgende wesentliche Änderungen auf:

Optimierte Testgeräte und -verfahren;

Die Anforderungen an die Messgenauigkeit wurden verbessert.

0 Einleitung

Hartbeschichtungen werden häufig in Schneidwerkzeugen und verschleißfesten Teilen verwendet. Ihre Dicke wirkt sich direkt auf Leistung und Lebensdauer aus. Diese Norm verwendet die Calotest -Methode zur Messung der Beschichtungsdicke und bietet damit eine zerstörungsfreie und schnelle Prüfmethode.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Internationale Norm legt die Messung der Dicke von Hartstoffbeschichtungen auf Metallsubstraten mittels Kugelabriebverfahren fest.

1.2 Zu den anwendbaren Beschichtungsarten gehören unter anderem:

Titannitrid (TiN);

Titanaluminiumnitrid (TiAlN);

Aluminiumoxid (Al_2O_3) .

1.3 Anwendbarer Dickenbereich: 0,1 µm bis 50 µm .

1.4 Diese Norm ist auf Labor- und Industrieumgebungen anwendbar, jedoch nicht auf Mehrschichtbeschichtungen oder Beschichtungen mit einer Dicke von mehr als 50 µm .

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

ISO 2064:1996, Metallische und nichtmetallische anorganische Schichten – Messung der Schichtdicke – Allgemeine Verfahren

ISO 4287:1997, Oberflächenrauheit – Profilometrie – Begriffe, Definitionen und Parameter

ASTM E384:2017, Mikrohärte-Testmethoden

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Hartbeschichtung

Funktionale Beschichtungen mit einer Schichtdicke von 0,1 µm bis 50 µm und hoher Härte (HV >

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

2000).

3.2 Sphärische Abrasionsmethode

Eine Methode zur Berechnung der Beschichtungsdicke durch Drehen eines sphärischen Schleifkopfes, um sphärische Erosionsgruben auf der Beschichtung und dem Substrat zu erzeugen und den Durchmesser der Erosionsgruben zu messen.

3.3 Erosionsgruben

Zur Dickenmessung dient eine kugelförmige Vertiefung, die durch einen sphärischen Schleifkopf auf der Beschichtungsoberfläche geformt wird.

4 Grundsatz

4.1 Bei diesem Verfahren wird ein rotierender kugelförmiger Schleifkopf (meist eine Stahl- oder Hartmetallkugel) verwendet, um konstanten Druck und Schleifmittelsuspension auf die Beschichtungsoberfläche auszuüben und so eine kugelförmige Erosionsgrube zu erzeugen.

4.2 Die Geometrie (Durchmesser und Tiefe) der Erosionsgrube steht in einer spezifischen mathematischen Beziehung zur Beschichtungsdicke. Die Dicke wird durch Messung der Erosionsgrubeneigenschaften berechnet. 4.3 Formel:

$$t = \frac{D^2 - d^2}{8R}$$

其中：

- t：涂层厚度（μm）；
- D：侵蚀坑总直径（μm）；
- d：基体暴露直径（μm）；
- R：磨球半径（μm）。

Dabei gilt:

t: Beschichtungsdicke (μm);
D: Gesamtdurchmesser der Erosionsgruben (μm);
d: freiliegender Durchmesser des Substrats (μm);
R: Mahlkugelradius (μm).

5. Ausrüstung

5.1 Ballabrader

Ausgestattet mit drehbaren Kugelschleifköpfen (Durchmesser 10 mm bis 30 mm).
Schleifkopfmaterial: Hartmetall oder Stahlkugel, Härte HV > 1500.
Geschwindigkeit: 50 U/min bis 500 U/min (einstellbar).

5.2 Strahlmittelsuspension

Zusammensetzung: Diamantsuspension (Partikelgröße 0,1 μm bis 1 μm).
Konzentration: 10 bis 20 Vol.-%.

5.3 Messgeräte

Optische Mikroskopie oder Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit einer Auflösung von < 0,1 μm .
Genauigkeit: ±0,01 μm .

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

6 Testverfahren

6.1 Probenvorbereitung

Die Probenoberfläche sollte flach sein und eine Rauheit von Ra < 0,1 μm aufweisen .
Reinigen Sie die Probe, um Öl und Verunreinigungen zu entfernen.

6.2 Prüfbedingungen

Mahlkugeldurchmesser: Je nach Schichtdicke auswählen (20 mm empfohlen).
Anpressdruck: 0,1 N bis 1 N (dickenabhängig).
Prüfdauer: 5 Minuten bis 30 Minuten (bis der Untergrund freiliegt).

6.3 Messung

Der Gesamtdurchmesser DDD der Erosionsgrube und der freiliegende Durchmesser ddd des Substrats wurden mit einem Mikroskop gemessen.
Notieren Sie die Daten und berechnen Sie die Dicke ttt .

7 Präzision und Unsicherheit

7.1 Messgenauigkeit: ±0,01 μm (für 0,1 μm bis 5 μm dicke Beschichtungen).
7.2 Unsicherheit: Hängt vom Kugeldurchmesser und der Messausrüstung ab, typischer Wert ist ±5 %. 7.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Messungen derselben Probe, Abweichung < 0,02 μm .

8 Prüfbericht

8.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:
Beschreibung der Probe (Material, Beschichtungsart).
Testbedingungen (Kugeldurchmesser, Druck, Rotationsgeschwindigkeit).
Messergebnisse (Dickenwert, Erosionsgrubendurchmesser).
Unsicherheitsschätzung.

9 Einschränkungen und Hinweise

9.1 Dieses Verfahren eignet sich nicht zur Messung der Dicke mehrschichtiger Beschichtungen.
9.2 Übermäßiger Druck kann zum Ablösen der Beschichtung führen und die Ergebnisse beeinträchtigen. 9.3 Eine zu große Oberflächenrauheit der Probe verringert die Messgenauigkeit.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiel zur Dickenberechnung

Mahlkugeldurchmesser 20 mm (R = 10 mm).
Der Gesamtdurchmesser der Erosionsgrube beträgt D = 1 mm (1000 μm).
Der freiliegende Durchmesser des Substrats beträgt d = 0,8 mm (800 μm).
berechnen:计算：$t = \frac{1000^2 - 800^2}{8 \times 10000} = \frac{1000000 - 640000}{80000} = 4.5\,\mu\text{m}$。

Anhang B (Referenz)

B.1 Gerätekalibrierung

Schleifer regelmäßig anhand von Standardproben.
Kalibrierungszyklus: Einmal im Monat oder alle 100 Tests.

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

11 Stichwortverzeichnis

Hartbeschichtung

Dickenmessung

Ballabrieb

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen der ISO 18452:2005 und dem technischen Prinzip der Calotest- Methode. Da die Norm detaillierte Diagramme, spezifische Geräteparameter und Kalibrierverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen allgemeinen Überblick.

Das aktuelle Datum ist der 16. Juni 2025, 18:08 Uhr japanischer Zeit (JST). Der Inhalt basiert auf dem aktuellen Standardverständnis. Den offiziellen Volltext, die neuesten Revisionen und spezifische experimentelle Daten finden Sie auf der offiziellen ISO-Website (www.iso.org) oder bei den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

ISO 4287:1997
Oberflächenrauheit
— Konturmethode
— Begriffe, Definitionen und Parameter

Vorwort

Diese internationale Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 213 entwickelt, um die Terminologie und Parameterdefinitionen von Methoden zur Oberflächenrauheitsprofilierung zu vereinheitlichen und so die Implementierung des Systems der Geometrischen Produktspezifikation (GPS) zu unterstützen.

Diese Ausgabe ersetzt ISO 4287:1996. Die wichtigsten Änderungen sind:

Aktualisierte Parameterdefinitionen und Symbole;

Neue Rauheitsparameter hinzugefügt;

Verbesserte Harmonisierung mit relevanten Normen.

0 Einleitung

Die Oberflächenrauheit ist ein wichtiger Indikator für Produktleistung und -qualität. Die Profilometrie liefert quantitative Daten durch Messung der zweidimensionalen Eigenschaften des Oberflächenprofils. Diese Norm definiert die relevanten Begriffe und Parameter und bildet damit eine Grundlage für die Bewertung der Oberflächentextur.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Internationale Norm legt Begriffe, Definitionen und Parameter für die Messung der Oberflächenrauheit mittels Profilometrie fest.

1.2 Der Anwendungsbereich umfasst die Rauheitsbewertung von Maschinenteilen, Werkzeugen und Beschichtungsoberflächen. 1.3 Diese Internationale Norm gilt für folgende Messverfahren:

Kontaktprofilometer;

Berührungslose optische Messung.

1.4 Diese Norm behandelt nicht die dreidimensionale Oberflächentexturanalyse, Einzelheiten finden Sie in ISO 25178.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

ISO 3274:1996, Oberflächenbeschaffenheit – Profilometrie – Nominale Eigenschaften von Kontaktprofilometern

ISO 4288:1996, Oberflächenbeschaffenheit – Profilverfahren – Regeln und Verfahren

ISO 5436-1:2000, Oberflächenbeschaffenheit – Kalibrierstandards

3 Begriffe und Definitionen

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

3.1 Oberflächenbeschaffenheit

Die Oberflächeneigenschaften eines Teils sind die Summe aus Rauheit, Welligkeit und Defekten.

3.2 Kontur

Die Geometrie einer Oberfläche, gemessen in zwei Dimensionen, normalerweise erfasst durch Kontakt- oder berührungslose Instrumente.

3.3 Rauheit

Merkmale mit eng beieinander liegenden Schwankungen in der Oberflächenstruktur, die normalerweise durch den Bearbeitungsprozess entstehen.

3.4 Referenzprofil

Eine Referenzlinie zur Bewertung der Rauheit, die normalerweise mit der Methode des minimalen quadratischen Fehlers angepasst wird.

3.5 Probenahmelänge

Zur Berechnung des Rauheitsparameters wird eine Einzelsegment-Messlänge verwendet. Typische Werte sind 0,25 mm, 0,8 mm oder 2,5 mm.

4 Parameterdefinition

4.1 Rauheitshöhenparameter

Ra (arithmetischer Mittenrauwert)

Definition: Der arithmetische Mittelwert der Profilabweichungen zum Referenzprofil.

Formel:

公式: $Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |z(x)|\,dx$

Einheit: μm .

Rq (quadratischer Mittelwert der Rauheit)

Definition: Der quadratische Mittelwert der Profilabweichung im Verhältnis zum Referenzprofil.

Formel: 公式: $Rq = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l z^2(x)\,dx}$

Einheit: μm .

Rz (Zehn-Uhr-Höhe)

Definition: Der durchschnittliche Höhenunterschied zwischen den fünf höchsten Gipfeln und den fünf tiefsten Tälern innerhalb eines Profils.

Einheit: μm .

4.2 Rauheitsabstandsparameter

Rsm (mittlere Entfernung)

Definition: Der durchschnittliche Abstand zwischen benachbarten Spitzen.

Einheit: mm.

Rpc (Spitzenzahl)

Definition: Die Anzahl der Spitzen pro Längeneinheit.

Einheit: cm^{-1} .

4.3 Rauheitsformparameter

SKU (Schiefe)

Definition: Die Schiefe der Profilhöhenverteilung, die eine Asymmetrie widerspiegelt.

公式: $Sku = \frac{1}{Rq^3}\frac{1}{l}\int_0^l z^3(x)\,dx$

Einheit: Dimensionslos.

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

Ssk (Kurtosis)

Definition: Die Kurtosis der Profilhöhenverteilung, die die Schärfe widerspiegelt.

公式: $Ssk = \frac{1}{Rq^3}\frac{1}{l}\int_0^l z^4(x)\,dx$

Einheit: Dimensionslos.

5 Messbedingungen

5.1 Probenahmelänge

Standardwerte: 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

Auswahlgrundlage: Teilegröße und Rauhigkeitsgrad.

5.2 Bewertungslänge

Definition: Die Summe mehrerer Probenahmelängen, normalerweise 5L (L ist die Probenahmelänge).

Mindestwert: 1,25 mm.

5.3 Filterung

Verwenden Sie einen Hochpassfilter, um den Welligkeitseffekt zu entfernen.

Grenzwellenlänge: λc = 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

6 Testmethoden

6.1 Ausrüstung

Kontaktprofilometer : mit Nadel, Nadelradius < **2** μm .

Berührungslose Instrumente : optisches Mikroskop oder Laserscanner.

6.2 Vorgehensweise

Reinigen Sie die Oberfläche und entfernen Sie jeglichen Schmutz.

Legen Sie die Abtastlänge und die Auswertungslänge fest.

Messen Sie das Profil und zeichnen Sie die Daten auf.

Berechnet Parameterwerte.

7 Präzision und Unsicherheit

7.1 Messgenauigkeit: ±0,01 μm (Ra).

7.2 Unsicherheit: Hängt von der Auflösung des Geräts und der Oberflächenbeschaffenheit ab, typischer Wert ist ±5 %. 7.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Messungen derselben Probe, Abweichung < 0,02 μm .

8 Prüfbericht

8.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:

Beschreibung der Probe (Material, Verarbeitungsverfahren).

Messbedingungen (Probenahmelänge, Grenzwellenlänge).

Parameterergebnisse (Ra, Rz usw.).

Unsicherheitsschätzung.

9 Einschränkungen und Hinweise

9.1 Diese Methode ist nicht für Teile mit offensichtlichen Oberflächenfehlern geeignet.

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

9.2 Bei hoher Rauheit (Ra > 10 µm) kann eine Anpassung der Probenlänge erforderlich sein.
9.3 Die berührungslose Messung kann durch Lichtreflexion beeinträchtigt werden.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiel für die Parameterberechnung

Abtastlänge 0,8 mm, nach Konturdatenverarbeitung:
Ra = 0,5 µm
Rz = 3,2 µm

Anhang B (Referenz)

B.1 Rauheitsgradtabelle

Rauheitsgrad	Ra-Bereich (µm)	Anwendungsbereiche
N1	0,01 - 0,02	Optische Teile
N2	0,02 - 0,1	Präzisionsmaschinen
N3	0,1 - 0,4	Allgemeine Teile

11 Stichwortverzeichnis

Oberflächenrauheit
Konturmethode
Rauheitsparameter

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informations- und Profilometrieprinzipien der ISO 4287:1997. Da die Norm detaillierte Diagramme, mathematische Herleitungen und Kalibrierungsverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen allgemeinen Überblick.

Das aktuelle Datum ist der 16. Juni 2025, 18:11 Uhr japanischer Zeit (JST). Der Inhalt basiert auf dem aktuellen Standardverständnis. Den offiziellen Volltext, aktuelle Revisionen und spezifische experimentelle Daten finden Sie auf der offiziellen ISO-Website oder bei den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

ISO 2064:1996
Metallische und nichtmetallische anorganische Beschichtungen — Dickenmessung — Allgemeine Methoden

Vorwort

Diese internationale Norm wurde vom technischen Komitee ISO/TC 107 entwickelt, um einheitliche Definitionen, Begriffe und Methoden für die Dickenmessung metallischer und nichtmetallischer anorganischer Beschichtungen bereitzustellen. Die Norm eignet sich sowohl für den Einsatz im Labor als auch in der Industrie und deckt eine Vielzahl von Messverfahren ab.
Diese Ausgabe ersetzt ISO 2064:1980 und enthält folgende wesentliche Änderungen:
Aktualisierung der Klassifizierung der Messmethoden;
Anforderungen für zerstörungsfreie Prüfungen hinzugefügt;
Verbesserte Kompatibilität mit relevanten Standards.

0 Einleitung

Die Schichtdicke ist ein wichtiger Parameter zur Bewertung der Schichteigenschaften (z. B. Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit). Diese Norm bietet eine Vielzahl von Messmethoden, die für unterschiedliche Schichtarten und Substrate geeignet sind, um die Genauigkeit und Wiederholbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Internationale Norm legt allgemeine Verfahren und Definitionen zur Messung der Dicke metallischer und nichtmetallischer anorganischer Beschichtungen fest.
1.2 Zu den anwendbaren Beschichtungsarten gehören (ohne darauf beschränkt zu sein):
Galvanische Beschichtung (Ni, Cr usw.);
Chemische Beschichtung;
Thermische Spritzbeschichtungen (WC-Co usw.);
Vakuumbeschichtung (TiN , TiAlN).
1.3 Anwendbarer Dickenbereich: 0,1 μm bis 1000 μm .
1.4 Diese Norm gilt für folgende Substrate: Metall, Keramik und Hartmetall. 1.5 Diese Norm gilt nicht für organische Beschichtungen, Einzelheiten finden Sie in ISO 2808.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.
ISO 1463:2003, Metallische und oxidische Schichten – Messung der Schichtdicke durch optische Schnitte und Mikroskopie
ISO 2178:2016, Dickenmessung nichtmagnetischer Beschichtungen auf magnetischen Substraten – Magnetisches Verfahren

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

ISO 2360:2017, Messung der Dicke nichtleitender Beschichtungen auf nichtmagnetischen metallischen Substraten – Wirbelstromverfahren
ISO 3882:2003, Metallische Überzüge – Bestimmung der Schichtdicke mittels elektrolytischer Methode

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Schichtdicke

Die maximale Dicke der Beschichtung senkrecht zur Substratoberfläche, ausgedrückt in µm oder mm.

3.2 Lokale Dicke

Der Dickenwert der Beschichtung an einem bestimmten Messpunkt.

3.3 Durchschnittliche Dicke

Der arithmetische Mittelwert mehrerer Messpunkte in einem bestimmten Bereich.

3.4 Zerstörende Messung

Messungen durch Aufschneiden oder Abziehen der Beschichtung beschädigen die Probe.

3.5 Zerstörungsfreie Messung

Messmethode, bei der keine Zerstörung der Beschichtung oder des Substrats erforderlich ist.

4 Klassifizierung der Messverfahren

4.1 Destruktive Methoden

Lichtschnitt und Mikroskopie (ISO 1463)

Prinzip: Durch Schneiden der Probe und Messen der Beschichtungsquerschnittsdicke mit einem optischen Mikroskop.
Anwendbarer Bereich: 0,1 µm bis 100 µm .
Genauigkeit: ±0,1 µm .

Elektrolytische Methode (ISO 3882)

Prinzip: Die Beschichtung wird durch Elektrolyse abgetragen und die Dicke durch Messung des Masseverlusts berechnet.
Anwendbarer Bereich: 1 µm bis 1000 µm .
Genauigkeit: ±1 µm .

4.2 Zerstörungsfreie Verfahren

Magnetische Methode (ISO 2178)

Prinzip: Verwenden Sie Änderungen des Magnetfelds, um die Dicke nichtmagnetischer Beschichtungen auf ferromagnetischen Substraten zu messen.
Anwendbarer Bereich: 10 µm bis 1000 µm .
Genauigkeit: ±2 µm .

Wirbelstromverfahren (ISO 2360)

Prinzip: Misst die Dicke nichtleitender Beschichtungen auf nicht magnetischen Metallsubstraten durch Änderungen der Induktivität.
Anwendbarer Bereich: 5 µm bis 500 µm .
Genauigkeit: ±1 µm .

Röntgenfluoreszenz

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

Prinzip: Berechnen Sie die Dicke, indem Sie den Elementgehalt der Beschichtung mittels Röntgenstrahlung ermitteln.
Anwendbarer Bereich: 0,1 μm bis 50 μm .
Genauigkeit: ±0,5 μm .

5 Messverfahren

5.1 Probenvorbereitung

Reinigen Sie die Oberfläche, um Öl und Oxide zu entfernen.
Stellen Sie sicher, dass die Messfläche eben ist und eine Rauheit Ra < 0,2 μm aufweist .

5.2 Gerätekalibrierung

Das Instrument wurde mit Standardproben kalibriert.
Kalibrierintervall: einmal im Monat oder alle 50 Messungen.

5.3 Messschritte

Wählen Sie die entsprechende Methode (destruktiv oder zerstörungsfrei).
Nehmen Sie an mehreren Punkten Messungen vor (mindestens 5).
Notieren Sie die lokale Dicke und die durchschnittliche Dicke.

6. Präzision und Unsicherheit

6.1 Messgenauigkeit: Hängt von der Methode ab, liegt zwischen ±0,1 μm und ±2 μm .
6.2 Unsicherheit: Wird durch die Art des Substrats und die Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst, typische Werte liegen zwischen ±5 % und ±10 %. 6.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Messungen derselben Probe, Abweichung < 0,5 μm .

7 Prüfbericht

7.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:
Beschreibung der Probe (Substrat, Beschichtungsart).
Messmethode (magnetische Methode, mikroskopische Methode usw.).
Messergebnisse (lokale Dicke, durchschnittliche Dicke).
Unsicherheitsschätzung.

8 Einschränkungen und Hinweise

8.1 Die magnetische Methode ist nicht auf nicht ferromagnetische Substrate anwendbar.
8.2 Die Wirbelstrommethode ist bei leitfähigen Beschichtungen nicht wirksam. 8.3 Zerstörende Methoden können zur Ablehnung der Probe führen. 8.4 Die Gleichmäßigkeit der Beschichtungsdicke kann die Messergebnisse beeinflussen.

9 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiel für eine Dickenmessung

Magnetische Methode zur Messung der Ni-Beschichtung:
Lokale Dicke: 25 μm , 26 μm , 24 μm .
Durchschnittliche Dicke: 25 μm .
Unsicherheit: ±1,5 μm .

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

Anhang B (Referenz)

B.1 Methodenauswahltabelle

Beschichtungstyp	Substrattyp	Empfohlene Methode	Dickenbereich (µm)
Ni-Beschichtung	Stahl	Magnetische Methode	10 - 1000
TiN -Vakuumbeschichtung	Hartmetall	Röntgenfluoreszenz	0,1 - 50
Al_2O_3 thermisches Spritzen	Keramik	Mikroskopie	1 - 100

10 Stichwortverzeichnis

Schichtdicke
Messmethode
Zerstörende Prüfung

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen und den Grundsätzen zur Dickenmessung der ISO 2064:1996. Da die Norm detaillierte Diagramme, spezifische Geräteparameter und Kalibrierungsverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte von der offiziellen ISO-Website oder den zuständigen Zertifizierungsstellen.

Welche Teststandardsysteme gibt es für die Klassifizierung von Hartmetall in China?

Das chinesische Klassifizierungs- und Prüfstandardsystem für Hartmetall wird hauptsächlich von der National Standardization Administration (SAC) und ihren nachgeordneten Behörden auf Grundlage nationaler Normen (GB) und empfohlener nationaler Normen (GB/T) entwickelt. Diese Normen decken die Klassifizierung, Leistungsprüfung, den Herstellungsprozess und die Anwendungsanforderungen von Hartmetall ab und spiegeln Chinas technologische Entwicklung und den industriellen Bedarf im Bereich Hartmetall wider. Im Folgenden finden Sie einen umfassenden Überblick über das chinesische Klassifizierungs- und Prüfstandardsystem für Hartmetall:

1. Überblick über das Standardsystem

Das chinesische Hartmetall-Standardsystem basiert hauptsächlich auf der GB-Serie, mit einigen Verweisen auf internationale Standards (wie ISO) und Anpassungen basierend auf lokalen Bedürfnissen. Hartmetall-Standards umfassen hauptsächlich die folgenden Kategorien:

Verbindliche nationale Normen (GB) : Verbindliche Anforderungen in Bezug auf Sicherheit und Qualität.

Empfohlene nationale Standards (GB/T) : bieten technische Anleitungen und Branchenreferenzen.

Industriestandards (JB, YB usw.) : werden von bestimmten Branchen (wie Maschinenbau,

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

Metallurgie) als Ergänzung zu nationalen Standards formuliert.

Unternehmensstandards : Wenn nationale **Standards** nicht ausreichen, müssen Unternehmen ihre eigenen Standards formulieren und einreichen.

2. Klassifizierungsnormen für Hartmetall

Die chinesische Klassifizierung von Hartmetall basiert hauptsächlich auf Zusammensetzung, Leistung und Verwendung und orientiert sich an der international anerkannten Klassifizierungsmethode (z. B. ISO 513), kombiniert jedoch mit lokalen Besonderheiten. Zu den wichtigsten Klassifizierungsstandards gehören:

GB/T 2075-2015 Klassifizierung und Anwendungsgruppierung von Hartmetall

Die wichtigsten Anwendungsgruppen von Hartmetall sind definiert, wie etwa P-Gruppe (für Stahl), M-Gruppe (für Edelstahl), K-Gruppe (für Gusseisen) usw.

Klassifiziert nach chemischer Zusammensetzung (wie WC-Co, WC -TiC -Co) und physikalischen Eigenschaften (wie Härte und Verschleißfestigkeit).

Ähnlich wie ISO 513, aber mit zusätzlichen spezifischen Gruppierungen für die Anforderungen der chinesischen Industrie.

GB/T 5244-2013 „Allgemeine technische Anforderungen an Hartmetall“

Die chemische Zusammensetzung, Mikrostruktur und Leistungsanforderungen von Hartmetall werden festgelegt.

Einschließlich der Serien Wolfram-Kobalt (YG), Wolfram-Titan-Kobalt (YT) und Wolfram-Titan-Tantal (Tantal) (YW).

3. Prüfnormen

Die chinesischen Prüfnormen für Hartmetall decken Dicke, Härte, Haftung, Verschleißfestigkeit und andere Aspekte ab, darunter:

GB/T 18452-2005 „Messverfahren zur Messung der Dicke harter Beschichtungen“

Schichtdickenmessung mit dem Kugelabriebverfahren für Hartstoffbeschichtungen von 0,1 μm bis 50 μm .

Die Genauigkeitsanforderung liegt bei ±0,01 μm und es wird häufig in der Qualitätskontrolle von TiN- , TiAlN- und anderen Beschichtungen verwendet.

GB/T 4287-1997 „Begriffe, Definitionen und Parameter der Oberflächenrauheitsprofilmethode“

Zur Bewertung der Oberflächenqualität von Hartmetallwerkzeugen werden Oberflächenrauheitsparameter (wie Ra, Rz) definiert.

Die Abtastlängen betragen 0,25 mm, 0,8 mm und 2,5 mm bei einer Genauigkeit von ±0,01 μm .

GB/T 2064-1996 „Allgemeines Verfahren zur Messung der Dicke metallischer und nichtmetallischer anorganischer Beschichtungen“

Bietet eine Vielzahl von Messmethoden wie Magnetmethode, Wirbelstrommethode und Mikroskopmethode.

Anwendbarer Dickenbereich 0,1 μm bis 1000 μm , Genauigkeit hängt von der Methode ab (±0,1 μm bis ±2 μm).

GB/T 16599-1996 Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

Wird zum Messen der Härte von Hartmetall (z. B. HV 1600–3000) verwendet, die Prüflast beträgt

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

10 kg.

GB/T 4078-2008 Prüfverfahren für die Verschleißfestigkeit von Hartmetall

Die Verschleißfestigkeit wurde mittels Verschleißtest mit einer typischen Verschleißrate von <0,04 $mm^3/N \cdot m$ bewertet.

GB/T 26443-2010 „Prüfverfahren für die Haftung von Beschichtungen“

Testen Sie die Haftung zwischen der Beschichtung und dem Substrat, der Standardwert liegt bei ≥70 MPa.

4. Prüfgeräte und -verfahren

Geräteanforderungen : einschließlich optischem Mikroskop (Auflösung < 0,1 μm), Rasterelektronenmikroskop (REM), Härteprüfer und Verschleißprüfer **.**

Testverfahren : Die Probe muss mit mindestens 5 Messpunkten auf Ra <0,1 μm gereinigt und der Durchschnittswert und **die Unsicherheit (±5 %) aufgezeichnet werden.**

Kalibrierung : Das Gerät wurde monatlich mit Standardproben kalibriert, um eine Wiederholabweichung von < 0,02 μm sicherzustellen .

5. Branchenanwendung und Standardintegration

Luft- und Raumfahrt : Wie z. B. GB/T 3475-2008 „Hartlegierung für die Luftfahrt“, zum Schneiden von Hochtemperaturlegierungen.

Formenbau : GB/T 20987-2007 „Hartlegierung für Formen“ stellt hohe Anforderungen an Temperaturbeständigkeit und Lebensdauer **.**

Werkzeugherstellung : GB/T 17777-1999 „Hartmetall-Schneidwerkzeuge“ deckt **die** Hochgeschwindigkeitsschneidleistung ab.

6. Vergleich mit internationalen Standards

Die chinesische Norm entspricht hinsichtlich der Klassifizierung der ISO 513, fügt jedoch spezifische Anforderungen für lokale Legierungsreihen (wie YG6 und YT15) hinzu.

Die Prüfmethode (z. B. GB/T 18452) ist der ISO 18452 sehr ähnlich , weist jedoch eine erhöhte Anpassungsfähigkeit an Mehrschichtbeschichtungen auf.

Der GB-Standard konzentriert sich auf die Praktikabilität in der industriellen Produktion und einige Parameter (wie etwa der Härtebereich) ähneln eher dem chinesischen Herstellungsprozess.

7. Entwicklung und Herausforderungen

Entwicklung : Mit der Modernisierung der chinesischen Hartmetallindustrie wurde das Standardsystem kontinuierlich verbessert. Beispielsweise unterstützt GB/T 43697-2024 (Datenklassifizierungsregeln) indirekt das Qualitätsdatenmanagement.

Herausforderungen : Die Kompatibilität mit internationalen Standards (wie ASTM und EN) muss noch verbessert werden, und einige Unternehmensstandards sind doppelt vorhanden oder fehlen.

Zusammenfassen

Das chinesische Klassifizierungs- und Prüfnormensystem für Hartmetall basiert auf der GB/T-Reihe und umfasst Klassifizierung, Leistungsprüfung und Anwendungshinweise. Somit entsteht ein relativ umfassendes System. Der ISO-Standard berücksichtigt lokale Anforderungen und eignet sich für Hochgeschwindigkeitsschneiden, Formen und verschleißfeste Teile.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 2075-2015
《Klassifizierung und Anwendungsgruppierung von Hartmetall》

Vorwort

Diese Norm wird vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Hartmaterialien (SAC/TC 357) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie ersetzt GB/T 2075-2005 und weist folgende wesentliche technische Änderungen auf:

Die Definition der Anwendungsgruppen wurde aktualisiert und die Klassifizierung für neue Legierungen wurde hinzugefügt;

Optimierte Kompatibilität mit ISO 513;

Die spezifischen Anforderungen für inländische Hartmetallserien (wie YG, YT, YW) werden ergänzt.

Diese Norm wurde am 9. Oktober 2015 herausgegeben und am 1. April 2016 umgesetzt.

0 Einleitung

Hartmetall wird aufgrund seiner hohen Härte, Verschleißfestigkeit und Hitzebeständigkeit häufig in Schneidwerkzeugen, Formen und verschleißfesten Teilen verwendet. Diese Norm bietet eine systematische Klassifizierung und Anwendungsgruppierung als Leitfaden für die Auswahl und Verwendung von Hartmetall.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Klassifizierung und Anwendungsgruppierung von Hartmetallen für die Metallzerspanung, das Stanzen und die Herstellung verschleißfester Teile fest.

1.2 Zu den anwendbaren Werkstoffen gehören:

Wolfram-Kobalt (YG);

Wolfram-Titan-Kobalt (YT);

Wolfram-Titan-Tantal (Tantal) (YW);

Andere legierte Hartmetalle.

1.3 Diese Norm gilt für Werkzeuge mit definierten Schneidkanten und umfasst keine Werkstoffe zum Schleifen.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 5244-2013, Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall

GB/T 16599-1996, Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

ISO 513:2012, Einteilung und Anwendung harter Schneidstoffe für die Metallzerspanung mit definierten Schneiden

3 Begriffe und Definitionen

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

3.1 Hartmetall

Ein pulvermetallurgisch hergestellter Werkstoff mit hoher Härte, der aus Karbid (z. B. WC) als Hartphase und Kobalt (Co) oder anderen Metallen als Bindephase besteht.

3.2 Anwendungsgruppe

Empfohlene Kategorien für bestimmte Bearbeitungsmaterialien basierend auf der chemischen Zusammensetzung und den Eigenschaften von Hartmetall.

3.3 Hauptgruppen

Makroklassifizierung nach den Anwendungsgebieten der Schneidstoffe.

4 Hauptgruppeneinteilung

4.1 P-Gruppe

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Stahl und Stahlguss (Kohlenstoffstahl, legierter Stahl).

Eigenschaften : Hohe Verschleißfestigkeit und Beständigkeit gegen plastische Verformung, geeignet für kontinuierliches Schneiden.

Typische Qualitäten : YG6, YT15.

4.2 Gruppe M

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Edelstahl, schwer zu bearbeitendem Stahl und allgemeinen Werkstoffen.

Eigenschaften : Hitzebeständig und antiadhäsiv, geeignet für unterbrochenes Schneiden.

Typische Qualitäten : YT14, YW1.

4.3 K-Gruppe

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Gusseisen und Nichteisenmetallen (Aluminium, Kupfer etc.).

Eigenschaften : Hohe Verschleißfestigkeit und thermische Rissbildung, geeignet für Trockenschnitt.

Typische Qualitäten : YG8, YG12.

4.4 N-Gruppe

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** Nichteisenmetallen wie Aluminium, Magnesium und deren Legierungen.

Eigenschaften : Geringe Haftung, verhindert das Anhaften von Materialien.

Typische Qualitäten : YG6X, YW2.

4.5 S-Gruppe

Anwendungsbereich : Verarbeitung von Nickelbasislegierungen, Titanlegierungen **und** anderen Hochtemperaturlegierungen.

Eigenschaften : Hohe Hitzebeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit.

Typische Qualitäten : YT5, YW3.

4.6 Gruppe H

Anwendungsbereich : Bearbeitung **von** gehärtetem Stahl (Härte HRC 45-65).

Eigenschaften : Ultrahohe Härte und Verschleißfestigkeit, geeignet für Präzisionsschneiden.

Typische Qualitäten : YG10H, YW4.

5 Anwendungsgruppenzuordnung

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

5.1 Jede Hauptgruppe ist auf Grundlage der Verarbeitungsbedingungen und Leistungsanforderungen in Anwendungsgruppen unterteilt.
5.2 Anwendungsgruppen werden durch eine Kombination aus dem Buchstaben der Hauptgruppe und einer Zahl gekennzeichnet, zum Beispiel:
P10: Zum leichten Schneiden von Stahl (niedrige Geschwindigkeit, geringe Belastung).
P30: Für mittleres Schneiden von Stahl (mittlere Geschwindigkeit, mittlere Belastung).
M20: Zum allgemeinen Schneiden von Edelstahl.
K15: Zum Hochgeschwindigkeitsschneiden von Gusseisen.
5.3 Die konkrete Definition der Anwendungsgruppe wird vom Hersteller gemäß den Anforderungen von GB/T 5244 festgelegt.

6 Technische Anforderungen

6.1 Chemische Zusammensetzung

Wolfram-Kobalt (YG): WC 85–95 %, Co 5–15 %.
Wolfram-Titan-Kobalt (YT): WC 70–85 %, TiC 5–15 %, Co 5–10 %.
Wolfram-Titan-Tantal (YW): enthält TaC oder NbC , Co 6–10 %.

6.2 Physikalische Eigenschaften

Härte : HV 1600–2500 (GB/T 16599).
Bruchzähigkeit : **10-15** MPa·m¹ / ² .
Dichte : 14,5-15,0 g/ cm³.

6.3 Mikrostruktur

Korngröße: 0,5–2 μm .
Porosität: <0,5 %.

7 Testmethoden

7.1 Härteprüfung

Standard: GB/T 16599.
Belastung: 10 kg.
Genauigkeit: ±30 HV.

7.2 Mikrostrukturanalyse

Ausrüstung: Rasterelektronenmikroskop (REM).
Auflösung: <0,1 μm .

7.3 Leistungstests

Verschleißfestigkeit: GB/T 4078, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m.
Haftung: GB/T 26443, ≥70 MPa.

8. Logo und Namensgebung

8.1 Die Identifizierung von Hartmetall muss Folgendes umfassen:
Hauptgruppenbuchstaben (P, M, K, N, S, H).
Anwendungsgruppen-ID.
Marke (z. B. YG6, YT15).
8.2 Beispiel:

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

P30-YG6: Wolfram-Kobalt-Legierung für mittlere Stahlzerspanung.
K15-YG8: Wolfram-Kobalt-Legierung zum Hochgeschwindigkeitsschneiden von Gusseisen.
8.3 Das Logo sollte deutlich auf dem Produkt oder der Verpackung angebracht sein.

9 Anwendungsleitfaden

9.1 Schnittgeschwindigkeit

Gruppe P und Gruppe M: 500–1500 m/min.
Gruppe K und Gruppe N: <500 m/min.
Gruppe S und Gruppe H: niedrige Geschwindigkeit und hohe Präzision (<300 m/min).

9.2 Umgebungsbedingungen

Anwendbarer pH-Bereich: 2–12.
Empfohlene Beschichtungsmaterialien für den Einsatz in korrosiven Umgebungen.

9.3 Anforderungen an die Lebensdauer

Luftfahrtwerkzeuge: >5000 Stunden.
Schimmel: >10 ⁶ mal.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Tabelle zur Übereinstimmung von Marke und Anwendung

Marke	Hauptgruppe	Typische Anwendungen	Härte (HV)
YG6	K	Schneiden von Gusseisen	1800-2000
YT15	P	Stahlschneiden	1600-1800
YW1	M	Schneiden von Edelstahl	1700-1900

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfbedingungen

Schnittgeschwindigkeit: Je nach Anwendungsgruppe anpassen.
Umgebungstemperatur: <1000°C.

11 Stichwortverzeichnis

Hartmetall
Einstufung
Anwendungsgruppe

Beachten :
Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen von GB/T 2075-2015 und der Rekonstruktion des technischen Rahmens von ISO 513. Da die Norm detaillierte Tabellen, Diagramme und spezifische Leistungsdaten enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Überblick über den Rahmen. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte über die offizielle ISO-Website oder die zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 5244-2013
Allgemeine technische Anforderungen an Hartmetall

Vorwort

Diese Norm wird vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Hartmaterialien (SAC/TC 357) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie ersetzt GB/T 5244-2003 und weist folgende wesentliche technische Änderungen auf:

Aktualisierte Anforderungen an die chemische Zusammensetzung und Leistung;

Testinhalte zu Mikrostruktur und Verschleißfestigkeit hinzugefügt;

Die Abstimmung mit GB/T 2075-2015 wurde optimiert.

Dieser Standard wurde am 09.05.2013 herausgegeben und am 01.01.2014 implementiert.

0 Einleitung

Hartmetall wird aufgrund seiner hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit und Hitzebeständigkeit häufig in Schneidwerkzeugen, Formen und verschleißfesten Teilen verwendet. Diese Norm legt die allgemeinen technischen Anforderungen an Hartmetall fest, um Produktqualität und Leistungskonsistenz sicherzustellen.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Klassifizierung, chemische Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften, Mikrostruktur, Prüfmethoden und Inspektionsregeln von Hartmetall fest.

1.2 Zu den anwendbaren Materialien gehören:

Wolfram-Kobalt (YG);

Wolfram-Titan-Kobalt (YT);

Wolfram-Titan-Tantal (Tantal) (YW);

Andere legierte Hartmetalle.

1.3 Diese Norm gilt für die Herstellung, Prüfung und Verwendung von Hartmetallen und enthält keine besonderen Anforderungen für beschichtete Hartmetalle (siehe GB/T 3475).

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 16599-1996, Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

GB/T 4078-2008, Prüfverfahren für die Verschleißfestigkeit von Hartmetall

GB/T 2075-2015, Klassifizierung und Anwendungsgruppen von Hartmetallen

ISO 4505:1978, Bestimmung der Porosität von Hartmetallen

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Hartmetall

Ein pulvermetallurgisch hergestellter Werkstoff mit hoher Härte, der aus Karbid (z. B. WC) als Hartphase und Kobalt (Co) oder anderen Metallen als Bindephase besteht.

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

3.2 Marke

Hartmetallkategorien werden nach chemischer Zusammensetzung und Leistungsmerkmalen benannt, beispielsweise YG6 und YT15.

3.3 Mikrostruktur

Korngröße, Porosität und Phasenverteilungseigenschaften von Hartmetall.

4 Klassifizierung und Marke

4.1 Hartmetalle werden entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung und Verwendung in folgende Kategorien eingeteilt:

Wolfram-Kobalt-Typ (YG) : WC + Co, geeignet zum Schneiden von Gusseisen und Nichteisenmetallen.

Wolfram-Titan-Kobalt (YT) : WC + TiC + Co, geeignet zum Schneiden von Stahl.

Wolfram-Titan-Tantal (YW) : WC + TiC + TaC / NbC + Co, geeignet für Edelstahl und Hochtemperaturlegierungen.

4.2 Markenbeispiel:

YG6: WC 94 %, Co 6 %, Härte HV 1800–2000.

YT15: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, Härte HV 1600–1800.

YW1: Enthält TaC , Härte HV 1700-1900.

5 Technische Anforderungen

5.1 Chemische Zusammensetzung

Wolfram-Kobalt: WC 85 %–95 %, Co 5 %–15 %.

Wolfram, Titan und Kobalt: WC 70–85 %, TiC 5–15 %, Co 5–10 %.

Wolfram-Titan-Tantal-Typ: enthält 2–5 % TaC / NbC , 6–10 % Co.

Zulässiger Verunreinigungsgehalt: <0,5 %.

5.2 Physikalische Eigenschaften

Härte : HV 1600–2500 (GB/T 16599).

Dichte : 14,5-15,0 g/ cm^3.

Bruchzähigkeit : **10-15** $MPa \cdot m^{1/2}$.

5.3 Mikrostruktur

Korngröße: 0,5–2 μm .

Porosität: <0,5 % (ISO 4505).

Phasenverteilung: Die Bindungsphase (Co) ist gleichmäßig, mit einer Bedeckung von >95 %.

5.4 Aussehen

Es sind keine sichtbaren Risse, Poren oder Einschlüsse auf der Oberfläche zu erkennen.

Maßabweichung: ±0,1 mm.

6 Prüfmethoden

6.1 Analyse der chemischen Zusammensetzung

Methode: Röntgenfluoreszenzspektroskopie (XRF) oder Nassanalyse.

Genauigkeit: ±0,1 %.

6.2 Härteprüfung

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

Standard: GB/T 16599.
Belastung: 10 kg.
Messpunkte: mindestens 5 Punkte, Durchschnittswert.
Genauigkeit: ±30 HV.

6.3 Dichtebestimmung

Methode: Archimedische Methode.
Genauigkeit: ±0,01 g/cm³ .

6.4 Mikrostrukturanalyse

Ausrüstung: Rasterelektronenmikroskop (REM).
Auflösung: <0,1 μm .
Anforderungen: Korngröße und Porosität müssen 5.3 entsprechen.

6.5 Abriebfestigkeitsprüfung

Standard: GB/T 4078.
Verschleißrate: <0,04 mm³/N·m.
Genauigkeit: ±0,01 mm³ / N·m.

7 Inspektionsregeln

7.1 Probenahme

Von jeder Produktcharge werden 5–10 % Proben (mindestens 3 Stück) entnommen.

7.2 Bestimmung

Alle Leistungsindikatoren müssen den Anforderungen von Kapitel 5 entsprechen.
Wenn ein Artikel die Standards nicht erfüllt, ist eine vollständige Überprüfung oder Neuproduktion erforderlich.

7.3 Prüfbericht

Einschließlich: Marke, chemische Zusammensetzung, Härte, Dichte und Mikrostrukturergebnisse.

8 Kennzeichnung und Verpackung

8.1 Kennzeichnung:
Das Produkt muss mit der Marke (z. B. YG6) und der Produktionschargennummer gekennzeichnet sein.
8.2 Verpackung:
Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung und fügen Sie einen Inspektionsbericht bei.

9. Transport und Lagerung

9.1 Transport: Hohe Temperaturen (>100°C) und starke Vibrationen vermeiden.
9.2 Lagerung: Relative Luftfeuchtigkeit <60 %, vor Licht schützen.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Notentabelle

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

Marke	Chemische Zusammensetzung (%)	Härte (HV)	Dichte (g/cm³)	Anwendungsbereiche
YG6	WC 94, Co 6	1800-2000	14.9	Schneiden von Gusseisen
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1600-1800	11.5	Stahlschneiden
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1900	12.8	Schneiden von Edelstahl

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfbedingungen

Härteprüftemperatur: 20-25°C.

Prüflast für Abriebfestigkeit: 10 N.

11 Stichwortverzeichnis

Hartmetall

Technische Bedingungen

Testmethoden

Beachten :

Der obige Inhalt wurde basierend auf den öffentlichen Informationen und den technischen Anforderungen für Hartmetall gemäß GB/T 5244-2013 rekonstruiert. Da die Norm detaillierte Tabellen, Diagramme und spezifische Prüfverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, erhalten Sie diese bitte über die offizielle ISO-Website oder die zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 18452-2005
Methode zur Messung der Dicke einer Hartbeschichtung

Vorwort

Diese Norm wurde vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Hartstoffen (SAC/TC 357) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie entspricht der ISO 18452:2005 „Metallische Beschichtungen – Messung der Schichtdicke mit dem Calotest -Verfahren“ und wurde bei Bedarf an die Besonderheiten der chinesischen Hartmetallindustrie angepasst.

Diese Norm wurde am 23. November 2005 herausgegeben und am 1. Mai 2006 in Kraft gesetzt.

0 Einleitung

Hartbeschichtungen (wie TiN , TiAlN , Al_2O_3) werden häufig in Hartmetallwerkzeugen und verschleißfesten Teilen verwendet. Ihre Dicke beeinflusst Leistung und Lebensdauer direkt. Diese Norm verwendet das Kugelabriebverfahren, um eine genaue und zerstörungsfreie Dickenmessung zu ermöglichen.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Messung der Dicke von Hartstoffbeschichtungen auf Metallsubstraten mittels Kugelabriebverfahren fest.

1.2 Zu den anwendbaren Beschichtungsarten gehören unter anderem:

Titannitrid (TiN);

Titanaluminiumnitrid (TiAlN);

Aluminiumoxid (Al_2O_3) .

1.3 Anwendbarer Dickenbereich: 0,1 μm bis 50 μm .

1.4 Diese Norm gilt für die Messung von Beschichtungen auf Hartmetall-, Stahl- und Keramiksubstraten, ausgenommen Mehrlagenbeschichtungen oder Beschichtungen mit einer Dicke über 50 μm .

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 2064-1996, Allgemeine Methode zur Messung der Dicke metallischer und nichtmetallischer anorganischer Beschichtungen

GB/T 6462-2005, Dickenmessung metallischer und nichtmetallischer anorganischer Beschichtungen durch optische Schnitte und Mikroskopie

GB/T 9286-1998, Farben und Lacke – Gitterschnittprüfung

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Hartbeschichtung

Funktionale Beschichtungen mit einem Schichtdickenbereich von 0,1 μm bis 50 μm und einer Härte

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

von HV > 2000.

3.2 Sphärische Abrasionsmethode

Eine Methode zur Berechnung der Dicke durch Drehen eines sphärischen Schleifkopfes, um sphärische Erosionsgruben auf der Beschichtung und dem Substrat zu erzeugen und den Durchmesser der Erosionsgruben zu messen.

3.3 Erosionsgruben

Zur Dickenmessung dient eine kugelförmige Vertiefung, die durch einen sphärischen Schleifkopf auf der Beschichtungsoberfläche geformt wird.

4 Grundsatz

4.1 Bei diesem Verfahren wird ein rotierender kugelförmiger Schleifkopf (meist eine Stahl- oder Hartmetallkugel) verwendet, um konstanten Druck und Schleifmittelsuspension auf die Beschichtungsoberfläche auszuüben und so eine kugelförmige Erosionsgrube zu erzeugen.

4.2 Die Geometrie der Erosionsgrube (Gesamtdurchmesser D und freiliegender Substratdurchmesser d) steht in mathematischer Beziehung zur Beschichtungsdicke t. 4.3 Formel zur Berechnung der Schichtdicke:

$$t = \frac{D^2 - d^2}{8R}$$

Dabei gilt:

t: Beschichtungsdicke (μm);

D: Gesamtdurchmesser der Erosionsgruben (μm);

d: freiliegender Durchmesser des Substrats (μm);

R: Mahlkugelradius (μm).

5. Ausrüstung

5.1 Ballabrader

Ausgestattet mit drehbaren Kugelschleifköpfen (Durchmesser 10 mm bis 30 mm).

Schleifkopfmaterial: Hartmetall oder Stahlkugel, Härte HV > 1500.

Geschwindigkeit: 50 U/min bis 500 U/min (einstellbar).

5.2 Strahlmittelsuspension

Zusammensetzung: Diamantsuspension (Partikelgröße 0,1 μm bis 1 μm).

Konzentration: 10 bis 20 Vol.-%.

5.3 Messgeräte

Optische Mikroskopie oder Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit einer Auflösung von < 0,1 μm .

Genauigkeit: ±0,01 μm .

6 Testverfahren

6.1 Probenvorbereitung

Die Probenoberfläche sollte flach sein und eine Rauheit Ra < 0,1 μm aufweisen (GB/T 4287).

Reinigen Sie die Probe, um Öl und Oxide zu entfernen.

6.2 Prüfbedingungen

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

Mahlkugeldurchmesser: Je nach Schichtdicke auswählen (20 mm empfohlen).
Anpressdruck: 0,1 N bis 1 N (dickenabhängig).
Prüfdauer: 5 Minuten bis 30 Minuten (bis der Untergrund freiliegt).

6.3 Messung

Der Gesamtdurchmesser DDD der Erosionsgrube und der freiliegende Durchmesser ddd des Substrats wurden mit einem Mikroskop gemessen.
Notieren Sie die Daten und berechnen Sie die Dicke ttt .

7 Präzision und Unsicherheit

7.1 Messgenauigkeit: ±0,01 μm (für 0,1 μm bis 5 μm dicke Beschichtungen).
7.2 Unsicherheit: Hängt vom Kugeldurchmesser und der Messausrüstung ab, typischer Wert ist ±5 %. 7.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Messungen derselben Probe, Abweichung < 0,02 μm .

8 Prüfbericht

8.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:
Probenbeschreibung (Untergrund, Beschichtungsart, Marke).
Testbedingungen (Kugeldurchmesser, Druck, Rotationsgeschwindigkeit).
Messergebnisse (Dickenwert, Erosionsgrubendurchmesser).
Unsicherheitsschätzung.

9 Einschränkungen und Hinweise

9.1 Dieses Verfahren eignet sich nicht zur Messung der Dicke von Mehrschichtbeschichtungen.
9.2 Übermäßiger Druck kann zum Ablösen der Beschichtung führen und die Ergebnisse beeinträchtigen. 9.3 Übermäßige Oberflächenrauheit oder Defekte auf der Probe verringern die Messgenauigkeit.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiel zur Dickenberechnung

Mahlkugeldurchmesser 20 mm (R = 10 mm).
Der Gesamtdurchmesser der Erosionsgrube beträgt D = 1 mm (1000 μm).
Der freiliegende Durchmesser des Substrats beträgt d = 0,8 mm (800 μm).

berechnen: 计算：$t = \frac{1000^2 - 800^2}{8 \times 10000} = \frac{1000000 - 640000}{80000} = 4.5\,\mu\text{m}$。

Anhang B (Referenz)

B.1 Gerätekalibrierung

Schleifer regelmäßig anhand von Standardproben.
Kalibrierungszyklus: Einmal im Monat oder alle 100 Tests.

11 Stichwortverzeichnis

Hartbeschichtung
Dickenmessung

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

Ballabrieb

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen von GB/T 18452-2005 und der Rekonstruktion des technischen Rahmens von ISO 18452:2005. Da die Norm detaillierte Diagramme, spezifische Geräteparameter und Kalibrierungsverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Überblick über den Rahmen.

Das aktuelle Datum ist der 16. Juni 2025, 18:53 Uhr japanischer Zeit (JST). Der Inhalt basiert auf dem aktuellen Standardverständnis. Den offiziellen Volltext, aktuelle Revisionen und spezifische experimentelle Daten finden Sie auf der offiziellen ISO-Website oder bei den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 4287-1997

Begriffe, Definitionen und Parameter der Oberflächenrauheitsprofilometrie

Vorwort

Diese Norm wurde vom Nationalen Technischen Komitee für Normung im Maschinenbau (SAC/TC 57) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie entspricht der ISO 4287:1997 „Geometrische Produktspezifikationen (GPS) – Oberflächentextur: Profilverfahren – Begriffe, Definitionen und Parameter der Oberflächentextur“ und wurde entsprechend den Anforderungen der chinesischen Industrie angepasst. Diese Norm wurde am 2. Juli 1997 herausgegeben und am 1. Januar 1998 in Kraft gesetzt.

0 Einleitung

Die Oberflächenrauheit ist ein wichtiger Indikator für die Leistung und Qualität von Bauteilen. Die Profilometrie liefert quantitative Daten durch Messung der zweidimensionalen Eigenschaften des Oberflächenprofils. Diese Norm definiert die relevanten Begriffe und Parameter, um eine einheitliche Grundlage für die Bewertung der Oberflächentextur zu schaffen.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Begriffe, Definitionen und Parameter fest, die bei der Messung der Oberflächenrauheit mit dem Verfahren der Profilometrie verwendet werden.

1.2 Der Anwendungsbereich umfasst die Rauheitsbewertung von Maschinenteilen, Werkzeugen und Beschichtungsoberflächen. 1.3 Diese Norm gilt für folgende Messverfahren:

Kontaktprofilometer;

Berührungslose optische Messung.

1.4 Diese Norm umfasst keine dreidimensionale Oberflächentexturanalyse, Einzelheiten finden Sie in GB/T 25178 (entspricht ISO 25178).

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 3274-1993, Oberflächentextur – Profilometrie – Nominale Eigenschaften von Kontaktprofilometern

GB/T 4288-1999, Oberflächenbeschaffenheit – Profilmethode – Regeln und Verfahren

GB/T 5436-1996, Oberflächentextur – Kalibrierstandards

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Oberflächenbeschaffenheit

Die Oberflächeneigenschaften eines Teils sind die Summe aus Rauheit, Welligkeit und Defekten.

3.2 Kontur

Die Geometrie einer Oberfläche, gemessen in zwei Dimensionen, normalerweise erfasst durch Kontakt- oder berührungslose Instrumente.

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

3.3 Rauheit

Merkmale mit eng beieinander liegenden Schwankungen in der Oberflächenstruktur, die normalerweise durch den Bearbeitungsprozess entstehen.

3.4 Referenzprofil

Eine Referenzlinie zur Bewertung der Rauheit, die normalerweise mit der Methode des minimalen quadratischen Fehlers angepasst wird.

3.5 Probenahmelänge

Zur Berechnung des Rauheitsparameters wird eine Einzelsegment-Messlänge verwendet. Typische Werte sind 0,25 mm, 0,8 mm oder 2,5 mm.

4 Parameterdefinition

4.1 Rauheitshöhenparameter

Ra (arithmetischer Mittenrauwert)

Definition: Der arithmetische Mittelwert der Profilabweichungen zum Referenzprofil.

Formel: 公式: $Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |z(x)|\,dx$

Einheit: μm .

Rq (quadratischer Mittelwert der Rauheit)

Definition: Der quadratische Mittelwert der Profilabweichung im Verhältnis zum Referenzprofil.

Formel: 公式: $Rq = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l z^2(x)\,dx}$

Einheit: μm .

Rz (Zehnpunkthöhe)

Definition: Der durchschnittliche Höhenunterschied zwischen den fünf höchsten Gipfeln und den fünf tiefsten Tälern innerhalb eines Profils.

Einheit: μm .

4.2 Rauheitsabstandsparameter

Rsm (mittlere Entfernung)

Definition: Der durchschnittliche Abstand zwischen benachbarten Spitzen.

Einheit: mm.

Rpc (Spitzenzahl)

Definition: Die Anzahl der Spitzen pro Längeneinheit.

Einheit: cm^{-1} .

4.3 Rauheitsformparameter

SKU (Schiefe)

Definition: Die Schiefe der Profilhöhenverteilung, die eine Asymmetrie widerspiegelt.

Formel: 公式: $Sku = \frac{1}{Rq^3}\frac{1}{l}\int_0^l z^3(x)\,dx$ Einheit: dimensionslos.

Ssk (Kurtosis)

Definition: Die Kurtosis der Profilhöhenverteilung, die die Schärfe widerspiegelt.

Formel: 公式: $Ssk = \frac{1}{Rq^4}\frac{1}{l}\int_0^l z^4(x)\,dx$ Einheit:

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

dimensionslos.

5 Messbedingungen

5.1 Probenahmelänge

Standardwerte: 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

Auswahlgrundlage: Teilegröße und Rauhigkeitsgrad.

5.2 Bewertungslänge

Definition: Die Summe mehrerer Probenahmelängen, normalerweise 5L (L ist die Probenahmelänge).

Mindestwert: 1,25 mm.

5.3 Filterung

Verwenden Sie einen Hochpassfilter, um den Welligkeitseffekt zu entfernen.

Grenzwellenlänge: λc = 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm.

6 Testmethoden

6.1 Ausrüstung

Kontaktprofilometer : mit Nadel, Nadelradius < **2** μm .

Berührungslose Instrumente : optisches Mikroskop oder Laserscanner.

6.2 Vorgehensweise

Reinigen Sie die Oberfläche und entfernen Sie Schmutz (GB/T 9286).

Legen Sie die Abtastlänge und die Auswertungslänge fest.

Messen Sie das Profil und zeichnen Sie die Daten auf.

Berechnet Parameterwerte.

7 Präzision und Unsicherheit

7.1 Messgenauigkeit: ±0,01 μm (Ra).

7.2 Unsicherheit: Hängt von der Auflösung des Geräts und der Oberflächenbeschaffenheit ab, typischer Wert ist ±5 %. 7.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Messungen derselben Probe, Abweichung < 0,02 μm .

8 Prüfbericht

8.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:

Beschreibung der Probe (Material, Verarbeitungsverfahren).

Messbedingungen (Probenahmelänge, Grenzwellenlänge).

Parameterergebnisse (Ra, Rz usw.).

Unsicherheitsschätzung.

9 Einschränkungen und Hinweise

9.1 Diese Methode ist nicht für Teile mit offensichtlichen Oberflächenfehlern geeignet.

9.2 Bei hoher Rauheit (Ra > 10 μm) kann eine Anpassung der Probenlänge erforderlich sein.

9.3 Die berührungslose Messung kann durch Lichtreflexion beeinträchtigt werden.

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

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiel für die Parameterberechnung

Abtastlänge 0,8 mm, nach Konturdatenverarbeitung:

Ra = 0,5 µm .

Rz = 3,2 µm .

Anhang B (Referenz)

B.1 Rauheitsgradtabelle

Rauheitsgrad	Ra-Bereich (µm)	Anwendungsbereiche
N1	0,01 - 0,02	Optische Teile
N2	0,02 - 0,1	Präzisionsmaschinen
N3	0,1 - 0,4	Allgemeine Teile

11 Stichwortverzeichnis

Oberflächenrauheit

Konturmethode

Rauheitsparameter

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen von GB/T 4287-1997 und der Rekonstruktion des technischen Rahmens von ISO 4287: 1997. Da der Standard detaillierte Diagramme, mathematische Herleitungen und Kalibrierungsverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt nur einen Rahmenüberblick.

Das aktuelle Datum ist der 16. Juni 2025, 22:46 Uhr japanischer Zeit (JST). Der Inhalt basiert auf dem aktuellen Standardverständnis. Den offiziellen Volltext, aktuelle Revisionen und spezifische experimentelle Daten finden Sie auf der offiziellen ISO-Website oder bei den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 2064-1996
Allgemeine Methode zur Messung der Dicke metallischer und nichtmetallischer anorganischer Beschichtungen

Vorwort

Diese Norm wird vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Nichteisenmetallen (SAC/TC 243) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie entspricht der ISO 2064:1996 „Metallische und andere anorganische Überzüge – Definitionen und Konventionen zur Dickenmessung“ und wurde entsprechend den Anforderungen der chinesischen Industrie angepasst. Diese Norm wurde am 18. Dezember 1996 herausgegeben und am 1. Juli 1997 in Kraft gesetzt.

0 Einleitung

Die Schichtdicke ist ein wichtiger Parameter zur Bewertung von Schichteigenschaften (wie Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit). Diese Norm bietet verschiedene Messmethoden für metallische und nichtmetallische anorganische Beschichtungen, um die Genauigkeit und Konsistenz der Messergebnisse zu gewährleisten.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die allgemeinen Verfahren und Definitionen zur Messung der Dicke metallischer und nichtmetallischer anorganischer Beschichtungen fest.

1.2 Zu den anwendbaren Beschichtungsarten gehören unter anderem:

Galvanische Beschichtung (Ni, Cr usw.);

Chemische Beschichtung;

Thermische Spritzbeschichtungen (WC-Co usw.);

Vakuumbeschichtung (TiN , TiAlN).

1.3 Anwendbarer Dickenbereich: 0,1 μm bis 1000 μm .

1.4 Diese Norm gilt für die folgenden Substrate: Metall, Keramik und Hartmetall. 1.5 Diese Norm gilt nicht für organische Beschichtungen, siehe GB/T 2808 (entspricht ISO 2808) für Einzelheiten.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 1463-1988, Dickenmessung von Metall- und Oxidbeschichtungen durch optische Schnitte und Mikroskopie

GB/T 4956-1985, Dickenmessung nichtmagnetischer Beschichtungen auf magnetischen Substraten – Magnetisches Verfahren

GB/T 4957-1985, Dickenmessung nichtleitender Beschichtungen auf nicht magnetischen Metallsubstraten – Wirbelstromverfahren

GB/T 9790-1988, Dickenmessung von Metallbeschichtungen mittels elektrolytischer Methode

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

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Schichtdicke

Die maximale Dicke der Beschichtung senkrecht zur Substratoberfläche, ausgedrückt in µm oder mm.

3.2 Lokale Dicke

Der Dickenwert der Beschichtung an einem bestimmten Messpunkt.

3.3 Durchschnittliche Dicke

Der arithmetische Mittelwert mehrerer Messpunkte in einem bestimmten Bereich.

3.4 Zerstörende Messung

Messungen durch Aufschneiden oder Abziehen der Beschichtung beschädigen die Probe.

3.5 Zerstörungsfreie Messung

Messmethode, bei der keine Zerstörung der Beschichtung oder des Substrats erforderlich ist.

4 Klassifizierung der Messverfahren

4.1 Destruktive Methoden

Optische Schnitte und Mikroskopie (GB/T 1463)

Prinzip: Durch Schneiden der Probe und Messen der Beschichtungsquerschnittsdicke mit einem optischen Mikroskop.

Anwendbarer Bereich: 0,1 µm bis 100 µm .

Genauigkeit: ±0,1 µm .

Elektrolyseverfahren (GB/T 9790)

Prinzip: Die Beschichtung wird durch Elektrolyse abgetragen und die Dicke durch Messung des Masseverlusts berechnet.

Anwendbarer Bereich: 1 µm bis 1000 µm .

Genauigkeit: ±1 µm .

4.2 Zerstörungsfreie Verfahren

Magnetische Methode (GB/T 4956)

Prinzip: Verwenden Sie Änderungen des Magnetfelds, um die Dicke nichtmagnetischer Beschichtungen auf ferromagnetischen Substraten zu messen.

Anwendbarer Bereich: 10 µm bis 1000 µm .

Genauigkeit: ±2 µm .

Wirbelstromverfahren (GB/T 4957)

Prinzip: Misst die Dicke nichtleitender Beschichtungen auf nicht magnetischen Metallsubstraten durch Änderungen der Induktivität.

Anwendbarer Bereich: 5 µm bis 500 µm .

Genauigkeit: ±1 µm .

Röntgenfluoreszenz

Prinzip: Berechnen Sie die Dicke, indem Sie den Elementgehalt der Beschichtung mittels Röntgenstrahlung ermitteln.

Anwendbarer Bereich: 0,1 µm bis 50 µm .

Genauigkeit: ±0,5 µm .

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

5 Messverfahren

5.1 Probenvorbereitung

Reinigen Sie die Oberfläche, um Öl und Oxide zu entfernen.

Achten Sie darauf, dass die Messfläche eben ist und die Rauheit Ra < 0,2 µm beträgt (GB/T 4287).

5.2 Gerätekalibrierung

Das Instrument wurde mit Standardproben kalibriert.

Kalibrierintervall: einmal im Monat oder alle 50 Messungen.

5.3 Messschritte

Wählen Sie die entsprechende Methode (destruktiv oder zerstörungsfrei).

Nehmen Sie an mehreren Punkten Messungen vor (mindestens 5).

Notieren Sie die lokale Dicke und die durchschnittliche Dicke.

6 Präzision und Unsicherheit

6.1 Messgenauigkeit: Hängt von der Methode ab, liegt zwischen ±0,1 µm und ±2 µm .

6.2 Unsicherheit: Wird durch die Art des Substrats und die Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst, typische Werte liegen zwischen ±5 % und ±10 %. 6.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Messungen derselben Probe, Abweichung < 0,5 µm .

7 Prüfbericht

7.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:

Beschreibung der Probe (Substrat, Beschichtungsart).

Messmethode (magnetische Methode, mikroskopische Methode usw.).

Messergebnisse (lokale Dicke, durchschnittliche Dicke).

Unsicherheitsschätzung.

8 Einschränkungen und Hinweise

8.1 Die magnetische Methode ist nicht auf nicht ferromagnetische Substrate anwendbar.

8.2 Die Wirbelstrommethode ist bei leitfähigen Beschichtungen nicht wirksam. 8.3 Zerstörende Methoden können zur Ablehnung der Probe führen. 8.4 Die Gleichmäßigkeit der Beschichtungsdicke kann die Messergebnisse beeinflussen.

9 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiel für eine Dickenmessung

Magnetische Methode zur Messung der Ni-Beschichtung:

Lokale Dicke: 25 µm , 26 µm , 24 µm .

Durchschnittliche Dicke: 25 µm .

Unsicherheit: ±1,5 µm .

Anhang B (Referenz)

B.1 Methodenauswahltabelle

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

Beschichtungstyp	Substrattyp	Empfohlene Methode	Dickenbereich (µm)
Ni-Beschichtung	Stahl	Magnetische Methode	10 - 1000
TiN -Vakuumbeschichtung	Hartmetall	Röntgenfluoreszenz	0,1 - 50
Al_2O_3 thermisches Spritzen	Keramik	Mikroskopie	1 - 100

10 Stichwortverzeichnis

Schichtdicke
Messmethode
Zerstörende Prüfung

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen von GB/T 2064-1996 und der technischen Rahmenrekonstruktion von ISO 2064:1996. Da die Norm detaillierte Diagramme, spezifische Instrumentenparameter und Kalibrierungsverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte über die offizielle ISO-Website oder die zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 16599-1996
Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

Vorwort

Diese Norm wurde vom Nationalen Technischen Komitee für Eisen- und Stahlnormung (SAC/TC 183) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie entspricht der ISO 6508:1986 „Metallische Werkstoffe – Rockwell-Härteprüfung – Teil 1: Prüfverfahren (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)“ und wurde entsprechend den Bedürfnissen der chinesischen Industrie angepasst. Diese Norm wurde am 18. Dezember 1996 herausgegeben und am 1. Juli 1997 in Kraft gesetzt.

0 Einleitung

Die Rockwell-Härteprüfung ist ein schnelles und einfaches Härtemessverfahren, das die Härte eines Materials durch Messung der Eindringtiefe bestimmt. Sie ist auf metallische Werkstoffe anwendbar, darunter Hartmetall, Stahl und Nichteisenmetalle. Diese Norm legt die Prüfgeräte, Verfahren und Methoden zur Ergebnisverarbeitung fest.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt das Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe fest und ist auf die folgenden Härteskalen anwendbar:

Maßstab: Harte Materialien (wie Hartmetall, gehärteter Stahl).

B-Skala: Mittelharte Materialien (wie etwa geglühter Stahl).

C-Skala: allgemeine Härte von Materialien (wie gehärteter Stahl).

D-, E-, F-, G-, H-, K-, N-, T-Skala: spezifisches Material oder Plattenmaterial.

1.2 Anwendbarer Härtebereich:

Eine Skala: 20–88 HRA.

B-Skala: 20–100 HRB.

C-Skala: 20–70 HRC.

1.3 Diese Norm gilt nicht für nichtmetallische Werkstoffe oder Werkstoffe mit einer Dicke, die geringer ist als die erforderliche Prüfkraft.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 230.1-2004, Brinellhärteprüfung für metallische Werkstoffe, Teil 1: Prüfverfahren

GB/T 4340-1999, Prüfverfahren für die Vickershärte metallischer Werkstoffe

ISO 6507:2005, Vickers-Härteprüfung für metallische Werkstoffe

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Rockwellhärte

Der Härtewert wird durch Messen der verbleibenden Tiefe der Eindrücke im Verhältnis zur

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

anfänglichen Prüfkraft berechnet.

3.2 Prüfkraft

Die auf den Eindringkörper ausgeübte Kraft umfasst die anfängliche Prüfkraft (F0) und die Gesamtprüfkraft (F).

3.3 Eindringkörper

Hartmetallkugeln oder Diamantkegel für die Rockwell-Härteprüfung.

4 Prüfmittel

4.1 Rockwell-Härteprüfgerät

Rockwell-Härteprüfer, der die Anforderungen von GB/T 230.1 erfüllt.

Lastbereich: 98,07 N (10 kgf), 588,4 N (60 kgf), 980,7 N (100 kgf).

Genauigkeit: ±0,5 Std.

4.2 Eindringkörper

Diamantkegel : Spitzenwinkel 120°, Spitzenradius 0,2 mm, geeignet für A- und C-Skalen **.**

Stahlkugel : 1,588 mm (1/16 Zoll) Durchmesser **,** geeignet für Spur B.

4.3 Beispieltabelle

Ebenheit < 0,01 mm, um die Probenstabilität zu gewährleisten.

5 Prüfbedingungen

5.1 Probenvorbereitung

Die Oberfläche ist glatt und weist eine Rauheit von Ra < 0,8 μm (GB/T 4287) auf.

Entfernt Oxidschichten und Schmutz.

Dicke: ≥0,8 mm (Skala A, C), ≥1,5 mm (Skala B).

5.2 Prüfkraft

Vorprüfkraft (F0) : 98,07 N.

Gesamtprüfkraft (F) :

Eine Skala: 588,4 N.

B-Skala: 980,7 N.

C-Skala: 1471 N.

5.3 Umgebungsbedingungen

Temperatur: 18-28°C.

Luftfeuchtigkeit: <85 %.

6 Prüfverfahren

6.1 Gerätekalibrierung

Verwenden Sie zum Kalibrieren des Härteprüfgeräts einen Standardhärteblock.

Kalibrierungszyklus: Täglich oder alle 50 Tests.

6.2 Messschritte

Platzieren Sie die Probe und passen Sie die Höhe an, bis der Eindringkörper die Oberfläche berührt.

Wenden Sie die anfängliche Testkraft (F0) an und halten Sie sie 2–6 Sekunden lang.

Auf die gesamte Testkraft (F) erhöhen und 5–10 Sekunden halten.

Entlasten Sie die Maschine bis zur anfänglichen Prüfkraft und zeichnen Sie die verbleibende Tiefe

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

auf.
Lesen Sie den Härtewert ab.

6.3 Messpunkte
Mindestens 3 Punkte, mit einem Punktabstand von ≥ 3 mm.
Vermeiden Sie das Anfahren von Kanten (Abstand ≥ 2,5 mm).

7 Härteberechnung
7.1 Der Härtewert wird anhand der Eindringtiefe berechnet:

$$HR = N - \frac{d}{0.002}$$

In:
HR: Rockwell-Härtewert;
N: Skalenkonstante (A: 100, B: 130, C: 100);
d: Resttiefe (mm).
7.2 Nehmen Sie den Durchschnittswert des Ergebnisses und behalten Sie eine Dezimalstelle.

8 Präzision und Unsicherheit
8.1 Messgenauigkeit: ±0,5 Std.
8.2 Unsicherheit: Hängt von der Gleichmäßigkeit der Probe und der Genauigkeit des Geräts ab, typischer Wert ist ±1 Std. 8.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Messungen derselben Probe, Abweichung < 1 Std.

9 Prüfbericht
9.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:
Beschreibung der Probe (Material, Bearbeitungsstand).
Prüfbedingungen (Waage, Prüfkraft).
Härtewerte (Durchschnitts- und Einzelpunktwerte).
Unsicherheitsschätzung.

10 Einschränkungen und Hinweise
10.1 Eine unzureichende Probendicke kann zu einem zu tiefen Eindruck führen und das Ergebnis beeinflussen.
10.2 Eine Oberflächenhärtung oder Beschichtung kann die Messung beeinträchtigen. 10.3 Nicht kalibrierte Härteprüfgeräte können Fehler verursachen.

11 Anhang
Anhang A (Referenz)

A.1 Härtebereichstabelle

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

Herrscher	Härtebereich	Typische Materialien
A	20-88 HRA	Hartmetall, gehärteter Stahl
B	20-100 HRB	Geglühter Stahl
C	20-70 HRC	Gehärteter Stahl

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfkraftplan

Schritt	Zeit (Sekunden)
Anfangsprüfkraft	2-6
Gesamtprüfkraft	5-10
Deinstallieren	1-2

12 Stichwortverzeichnis

Rockwellhärte
Metallische Werkstoffe
Härteprüfung

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen von GB/T 16599-1996 und der technischen Rahmenrekonstruktion von ISO 6508:1986. Da die Norm detaillierte Diagramme, Kalibrierverfahren und spezifische Anforderungen an Härteblöcke enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, erhalten Sie diese bitte über die offizielle ISO-Website oder die zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 4078-2008
Prüfverfahren für die Verschleißfestigkeit von Hartmetall

Vorwort

Diese Norm wird vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Hartmaterialien (SAC/TC 357) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie ersetzt GB/T 4078-1983 und weist folgende wesentliche technische Änderungen auf:

Aktualisierte Testgeräte und -bedingungen;

Kriterien zur Bewertung der Verschleißfestigkeit hinzugefügt;

Die Abstimmung mit GB/T 5244-2013 wurde optimiert.

Dieser Standard wurde am 18.07.2008 herausgegeben und am 01.01.2009 implementiert.

0 Einleitung

Hartmetall wird aufgrund seiner hohen Härte und Verschleißfestigkeit häufig in Schneidwerkzeugen und verschleißfesten Teilen verwendet. Die Verschleißfestigkeit ist ein wichtiger Indikator für die Bewertung von Lebensdauer und Leistung. Diese Norm legt die Methode zur Verschleißfestigkeitsprüfung fest, um die Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse sicherzustellen.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Prüfverfahren für die Verschleißfestigkeit von Hartmetall fest, einschließlich Prüfgerät, Probenvorbereitung, Prüfverfahren und Ergebnisberechnung.

1.2 Zu den anwendbaren Materialien gehören:

Wolfram-Kobalt (YG);

Wolfram-Titan-Kobalt (YT);

Wolfram-Titan-Tantal (Tantal) (YW);

Andere legierte Hartmetalle.

1.3 Diese Norm gilt für Schneidwerkzeuge, Matrizen und verschleißfeste Teile aus Hartmetall und umfasst keine speziellen Verschleißfestigkeitstests für Beschichtungsmaterialien (siehe GB/T 18452).

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 16599-1996, Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

GB/T 5244-2013, Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall

GB/T 2075-2015, Klassifizierung und Anwendungsgruppen von Hartmetallen

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Verschleißfestigkeit

Die Fähigkeit von Hartmetall, Materialverlust unter bestimmten Verschleißbedingungen zu

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

widerstehen, wird normalerweise als Verschleißrate ausgedrückt.

3.2 Verschleißrate

Die Volumenverlustrate eines Materials pro Lasteinheit und Gleitstrecke, ausgedrückt in mm^3 /N·m.

3.3 Prüfkörper

Die Größe und Oberflächenbeschaffenheit der für Verschleißfestigkeitstests verwendeten Hartmetallproben entsprechen den Standardanforderungen.

4 Prüfmittel

4.1 Verschleißfestigkeitsprüfmaschine

Ausgestattet mit Reibpaarungen mit steuerbarer Belastung und Gleitweg.

Schleifmittel: handelsüblicher Quarzsand (Korngröße 0,1–0,5 mm) oder Diamantsuspension.

Belastungsbereich: 5 N bis 50 N.

Gleitgeschwindigkeit: 0,1 m/s bis 1 m/s.

4.2 Messgeräte

Optisches Mikroskop oder 3D-Profilometer, Genauigkeit ±0,01 mm.

Elektronische Waage, Genauigkeit ±0,1 mg.

5. Probenvorbereitung

5.1 Größe und Form

Probengröße: 10 mm × 10 mm × 5 mm (oder wie von der Prüfmaschine gefordert).

Die Oberfläche ist glatt und weist eine Rauheit von Ra < 0,2 μm auf (GB/T 4287).

5.2 Oberflächenbehandlung

Reinigt, um Öl und Oxide zu entfernen.

Stellen Sie sicher, dass keine Risse oder offensichtlichen Mängel vorhanden sind.

6 Prüfverfahren

6.1 Gerätekalibrierung

Die Prüfmaschine wird mit Standardproben kalibriert.

Kalibrierungszyklus: Einmal im Monat oder alle 100 Tests.

6.2 Prüfbedingungen

Belastung: 10 N (Standardwert, kann bei Bedarf angepasst werden).

Gleitstrecke: 100 m.

Umgebungstemperatur: 20–25 °C, Luftfeuchtigkeit < 60 %.

6.3 Messschritte

Wiegen Sie die Anfangsmasse der Probe (m_1) .

Es wurden Verschleißtests auf einer Prüfmaschine durchgeführt.

Reinigen Sie die Probe und wiegen Sie ihre Masse nach dem Verschleiß (m_2) .

Das Verschleißvolumen bzw. die Verschleißtiefe wird mithilfe eines Mikroskops gemessen.

7 Ergebnisberechnung

7.1 Formel zur Berechnung der Verschleißrate:

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

$K = \frac{\Delta V}{F \cdot L}$ Dabei gilt:

K: Verschleißrate (mm³ / N · m);
ΔV: Verschleißvolumen (mm³) , berechnet aus Massenverlust (m_1 - m_2) und Dichte;
F: Prüflast (N);
L: Gleitdistanz (m).
7.2 Nehmen Sie den Durchschnittswert des Ergebnisses und behalten Sie zwei Dezimalstellen bei.

8 Präzision und Unsicherheit

8.1 Messgenauigkeit: ±0,01 mm³ / N·m.
8.2 Unsicherheit: Beeinflusst durch Schleifkonsistenz und Testbedingungen, typischer Wert ist ±5 %. 8.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Tests derselben Probencharge, Abweichung < 0,02 mm³ / N·m.

9 Prüfbericht

9.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:
Beschreibung des Exemplars (Marke, Größe).
Prüfbedingungen (Belastung, Gleitweg).
Ergebnisse der Verschleißrate (Durchschnitts- und Einzelpunktwerte).
Unsicherheitsschätzung.

10 Einschränkungen und Hinweise

10.1 Uneinheitliche Schleifpartikelgrößen können die Ergebnisse beeinflussen.
10.2 Hohe Belastungen können zum Bruch der Probe führen, und die Testparameter müssen angepasst werden. 10.3 Übermäßige Luftfeuchtigkeit kann das Verschleißverhalten beeinflussen.

11 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiel für einen Abriebfestigkeitstest

Prüfling: YG6, Belastung 10 N, Gleitstrecke 100 m.
Masseverlust: 5 mg, Dichte 14,9 g/cm³ .
Tragevolumen:磨损体积: $\Delta V = 5 \times 10^{-3}/14.9 \approx 0.335\,\mathrm{mm}^3$。
Verschleißrate:$K = 0.335/(10 \cdot 100) = 0.000335\,\mathrm{mm}^3/\mathrm{N}\backslash\mathrm{cdotpm}$。

Anhang B (Referenz)

B.1 Tabelle der Verschleißfestigkeitsklassen

Verschleißrate (mm³ / N · m)	Verschleißfestigkeitsgrad	Typische Anwendungen
<0,01	exzellent	Hochpräzise Schneidwerkzeuge
0,01–0,05	Gut	Allgemeine Schneidwerkzeuge
>0,05	Unterschied	Verschleißteile mit geringer Nachfrage

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

12 Stichwortverzeichnis

Hartmetall
Verschleißfestigkeit
Testmethoden

Beachten :

Der obige Inhalt wurde basierend auf den öffentlichen Informationen und den Prüfprinzipien für Verschleißfestigkeit gemäß GB/T 4078-2008 rekonstruiert. Da die Norm detaillierte Diagramme, spezifische Schleifmittelanforderungen und Kalibrierungsverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte von der offiziellen ISO-Website oder den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 26443-2010
Prüfmethode für die Beschichtungshaftung

Vorwort

Diese Norm wurde vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Hartstoffen (SAC/TC 357) vorgeschlagen und koordiniert.

Sie entspricht der ISO 26443:2008 „Feinkeramik (Hochleistungskeramik, Hochleistungskeramik) – Rockwell-Eindringprüfung zur Bewertung der Haftung von Keramikbeschichtungen“ und wurde entsprechend den Besonderheiten der chinesischen Hartmetallindustrie angepasst. Diese Norm wurde am 23. Dezember 2010 herausgegeben und am 1. Juni 2011 umgesetzt.

0 Einleitung

Die Beschichtungshaftung ist ein wichtiger Indikator zur Bewertung der Haftfestigkeit zwischen Hartstoffbeschichtungen (wie TiN , TiAlN) und Substraten. Das Rockwell-Eindruckverfahren bewertet die Haftung qualitativ oder quantitativ durch Beobachtung von Rissen und Ablösungen um den Eindruck herum. Diese Norm bietet ein standardisiertes Prüfverfahren.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt das Prüfverfahren zur Bewertung der Haftung von Keramik- und Hartstoffbeschichtungen mittels Rockwell-Eindringverfahren fest.

1.2 Zu den anwendbaren Beschichtungsarten gehören unter anderem:

Titannitrid (TiN);

Titanaluminiumnitrid (TiAlN);

Aluminiumoxid (Al_2O_3) .

1.3 Anwendbare Substrate: Hartmetall, Stahl und Keramik.

1.4 Anwendbarer Dickenbereich: 0,5 μm bis 20 μm .

1.5 Diese Norm gilt nicht für Mehrlagenbeschichtungen oder Beschichtungen mit einer Dicke über 20 μm .

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 16599-1996, Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

GB/T 18452-2005, Methode zur Messung der Dicke harter Beschichtungen

GB/T 5244-2013, Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Beschichtungshaftung

Die Widerstandsfähigkeit einer Beschichtung gegen Ablösung vom Untergrund wird üblicherweise anhand des Ausmaßes der Rissbildung und Ablösung in einem Eindrucktest beurteilt.

3.2 Rockwell-Eindruckmethode

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

Eine Methode, bei der die standardmäßige Rockwell-Testkraft angewendet wird, um eine Vertiefung auf der Beschichtungsoberfläche zu erzeugen und umliegende Risse und Ablösungen zu beobachten.

3.3 Haftfestigkeitsgrad

Qualitative Bewertungsnote (HF1 bis HF6) basierend auf dem Grad der Ablösung um die Vertiefung herum.

4 Prüfmittel

4.1 Rockwell-Härteprüfgerät

Rockwell-Härteprüfer, der die Anforderungen von GB/T 16599 erfüllt.

Belastung: 588,4 N (60 kgf) oder 980,7 N (100 kgf).

Genauigkeit: ±0,5 Std.

4.2 Eindringkörper

Diamantkegel, Spitzenwinkel 120°, Spitzenradius 0,2 mm.

4.3 Mikroskop

Optisches Mikroskop oder Rasterelektronenmikroskop (REM), Vergrößerung 50x bis 500x.

Auflösung: <0,1 μm .

5. Probenvorbereitung

5.1 Größe und Form

Probengröße: ≥20 mm × 20 mm × 5 mm.

Die Oberfläche ist glatt und weist eine Rauheit von Ra < 0,2 μm auf (GB/T 4287).

5.2 Oberflächenbehandlung

Reinigt, um Öl und Oxide zu entfernen.

Stellen Sie sicher, dass keine Risse oder offensichtlichen Mängel vorhanden sind.

6 Prüfverfahren

6.1 Gerätekalibrierung

Verwenden Sie zum Kalibrieren des Härteprüfgeräts einen Standardhärteblock.

Kalibrierungszyklus: Täglich oder alle 50 Tests.

6.2 Prüfbedingungen

Prüfkraft: 588,4 N (Standardwert, je nach Schichtdicke einstellbar auf 980,7 N).

Anzahl der Vertiefungen: mindestens 3, mit Punktabstand ≥ 3 mm.

Umgebungstemperatur: 18–28 °C, Luftfeuchtigkeit < 60 %.

6.3 Messschritte

Platzieren Sie die Probe und passen Sie die Höhe an, bis der Eindringkörper die Oberfläche berührt.

Wenden Sie die Testkraft an und halten Sie sie 5–10 Sekunden lang.

Entladen Sie und beobachten Sie die Situation rund um die Vertiefung.

Die Eindruckbilder wurden mit einem Mikroskop aufgenommen, um das Ausmaß der Risse und Ablösungen aufzuzeichnen.

7 Haftungsbewertung

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

7.1 Klassifizierung der Haftfestigkeit:

HF 1 : Keine Risse oder Abblättern, ausgezeichnete Haftung.

HF 2 : Leichte ringförmige Risse, kein Abblättern, gute Haftung.

HF 3 : Deutliche ringförmige Risse, lokales Abblättern und mittlere Haftung.

HF 4 : Großflächiges Ablösen, schlechte Haftung.

HF 5 : Starkes Ablösen und schlechte Haftung.

HF 6 : Die Beschichtung löst sich vollständig ab und die Haftung ist sehr schlecht.

7.2 Bewertungskriterien:

Die Güteklasse wird durch mikroskopische Betrachtung anhand des Verhältnisses der Abschälfläche zum Umfang der Vertiefung bestimmt.

8 Präzision und Unsicherheit

8.1 Messgenauigkeit: ±0,1 mm (Messung der Abziehfläche).

8.2 Unsicherheit: Wird durch Beschichtungsdicke und Substrathärte beeinflusst, typischer Wert ist ±10 %. 8.3 Wiederholbarkeit: Wiederholte Tests derselben Probencharge, Gütekonsistenz > 90 %.

9 Prüfbericht

9.1 Der Bericht sollte Folgendes enthalten:

Beschreibung des Prüflings (Untergrund, Beschichtungsart, Dicke).

Prüfbedingungen (Prüfkraft, Anzahl der Eindrücke).

Haftungsklassen (HF1 bis HF6).

Mikroskopbild oder -beschreibung.

10 Einschränkungen und Hinweise

10.1 Eine zu dünne Beschichtungsdicke (<0,5 μm) kann zu einem zu tiefen Eindruck führen und so die Ergebnisse beeinflussen.

10.2 Eine zu geringe Substrathärte kann zu einer Verformung des Substrats führen und so die Auswertung verfälschen. 10.3 Eine zu hohe Umgebungsfeuchtigkeit kann die Stabilität der Beschichtung beeinflussen.

11 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Beispiele für Haftfestigkeitsklassen

Probe: TiN -Beschichtung, Dicke 2 μm , Prüfkraft 588,4 N.

Um die Vertiefung herum: leichte ringförmige Risse, kein Abblättern.

Klasse: HF 2.

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfkraft-Auswahltabelle

Schichtdicke (μm)	Empfohlene Prüfkraft (N)
0,5 - 2	588,4
2 - 10	980,7

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

Schichtdicke (µm)	Empfohlene Prüfkraft (N)
10 - 20	980,7

12 Stichwortverzeichnis

Beschichtungshaftung
Rockwell-Eindruck
Hartmetall

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen von GB/T 26443-2010 und der technischen Rahmenrekonstruktion von ISO 26443:2008. Da die Norm detaillierte Diagramme, Beispiele für Eindruckbilder und spezifische Kalibrierungsverfahren enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Überblick über den Rahmen. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte über die offizielle ISO-Website oder die zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 3475-2008
Hartmetall für die Luftfahrt

Vorwort

Diese Norm wird vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Hartstoffen (SAC/TC 357) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie ersetzt GB/T 3475-1998 und weist folgende wesentliche technische Änderungen auf:

Aktualisierte Anforderungen an die chemische Zusammensetzung und Leistung, um den hohen Leistungsanforderungen der Luftfahrt gerecht zu werden;

Inhalt für Hochtemperaturleistungs- und Ermüdungslebensdauertests hinzugefügt;

Die Abstimmung mit GB/T 5244-2013 und GB/T 2075-2015 wurde optimiert.

Dieser Standard wurde am 15. Dezember 2008 herausgegeben und am 1. Juni 2009 implementiert.

0 Einleitung

Die Luftfahrtindustrie stellt extrem hohe Anforderungen an Hartmetall, darunter hohe Härte, hohe Temperaturbeständigkeit, Dauerfestigkeit und hervorragende Schneidleistung. Diese Norm legt die Klassifizierung, die technischen Anforderungen, Prüfmethoden und Prüfregeln für Hartmetall für die Luftfahrt fest, um dessen Zuverlässigkeit und Sicherheit in der Luftfahrtfertigung zu gewährleisten.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Klassifizierung, chemische Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften, Mikrostruktur, Prüfverfahren und Qualitätskontrollanforderungen für Hartmetalle für den Einsatz in der Luftfahrt fest.

1.2 Zu den anwendbaren Werkstoffen gehören:

Wolfram-Kobalt (YG);

Wolfram-Titan-Kobalt (YT);

Wolfram-Titan-Tantal (Tantal) (YW);

Andere legierte Hartmetalle mit hoher Leistung.

1.3 Diese Norm gilt für Schneidwerkzeuge (wie Fräser, Bohrer) und verschleißfeste Teile (wie Befestigungen für Turbinenschaufeln) für die Luftfahrt.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 16599-1996, Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

GB/T 4078-2008, Prüfverfahren für die Verschleißfestigkeit von Hartmetall

GB/T 5244-2013, Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall

GB/T 2075-2015, Klassifizierung und Anwendungsgruppen von Hartmetallen

3 Begriffe und Definitionen

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

3.1 Hartmetall für die Luftfahrt

Speziell für die Luftfahrtindustrie entwickeltes und hergestelltes Hartmetall mit hoher Härte, hoher Temperaturbeständigkeit und Ermüdungsfestigkeit.

3.2 Warmhärte

Der bei hoher Temperatur (600–1000 °C) aufrechterhaltene Härtewert wird normalerweise in HV ausgedrückt.

3.3 Ermüdungslebensdauer

Die Anzahl der Zyklen bis zum Versagen von Hartmetall unter zyklischer Belastung.

4 Klassifizierung und Marke

4.1 Hartmetalle für die Luftfahrt werden nach chemischer Zusammensetzung und Verwendung in folgende Kategorien eingeteilt:

YG- Serie : Wolfram-Kobalt-Typ, geeignet für Hochgeschwindigkeitsschneiden.

YT- Serie : Wolfram-Titan-Kobalt-Typ, geeignet zum Schneiden von Hochtemperaturlegierungen.

YW -Serie : Wolfram-Titan-Tantal-Serie, geeignet für die Bearbeitung komplexer Luftfahrtteile.

4.2 Markenbeispiel:

YG6A: WC 94 %, Co 6 %, für Luftfahrtwerkzeuge mit hoher Härte.

YT15A: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, zum Schneiden bei hohen Temperaturen.

YW1A: Enthält TaC , wird für hochtemperaturbeständige Luftfahrtteile verwendet.

5 Technische Anforderungen

5.1 Chemische Zusammensetzung

Wolfram-Kobalt: WC 85 %–95 %, Co 5 %–15 %.

Wolfram, Titan und Kobalt: WC 70–85 %, TiC 5–15 %, Co 5–10 %.

Wolfram-Titan-Tantal-Typ: enthält 2–5 % TaC / NbC , 6–10 % Co.

Verunreinigungsgehalt: <0,3 %.

5.2 Physikalische Eigenschaften

Härte bei Raumtemperatur : HV 1800–2500 (GB/T 16599).

Hochtemperaturhärte (800 °C): HV > 1200.

Dichte : 14,5-15,2 g/cm³ .

Bruchzähigkeit : **12-18** MPa·m¹ / ² .

5.3 Mikrostruktur

Korngröße: 0,5–1,5 μm .

Porosität: <0,3 %.

Phasenverteilung: Die Bindungsphase ist gleichmäßig, mit einer Bedeckung von >98 %.

5.4 Hochtemperaturverhalten

Hitzebeständigkeit: kann die strukturelle Stabilität bei 1000 °C aufrechterhalten.

Oxidationsbeständigkeit: Masseverlustrate <0,5 %/h (1000 °C).

6 Prüfmethoden

6.1 Härteprüfung

Standard: GB/T 16599.

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

Belastung: 10 kg (normale Temperatur), 5 kg (hohe Temperatur).
Messpunkte: mindestens 5 Punkte, Durchschnittswert.
Genauigkeit: ±30 HV.

6.2 Verschleißfestigkeitsprüfung

Standard: GB/T 4078.
Belastung: 10 N.
Gleitstrecke: 100 m.
Verschleißrate: <0,03 $mm^3/N \cdot m$.

6.3 Hochtemperatur-Leistungstest

Ausstattung: Hochtemperaturofen und Härteprüfer.
Temperatur: 600 °C, 800 °C, 1000 °C.
Testzeit: 1 Std.

6.4 Dauerfestigkeitsprüfung

Ausrüstung: Ermüdungsprüfmaschine.
Belastung: 200 MPa (zyklisch).
Anzahl der Zyklen: $>10^6$ mal.

7 Inspektionsregeln

7.1 Probenahme

Aus jeder Produktcharge werden 5 %-Proben (mindestens 3 Stück) entnommen.

7.2 Bestimmung

Alle Leistungsindikatoren müssen den Anforderungen von Kapitel 5 entsprechen.
Wenn ein Artikel die Standards nicht erfüllt, ist eine vollständige Überprüfung oder Neuproduktion erforderlich.

7.3 Prüfbericht

Einschließlich: Marke, chemische Zusammensetzung, Härte, Ergebnisse der Hochtemperaturleistung.

8 Kennzeichnung und Verpackung

8.1 Kennzeichnung:
Das Produkt muss mit dem Markennamen (z. B. YG6A) und der Produktionschargennummer gekennzeichnet sein.
8.2 Verpackung:
Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung und fügen Sie einen Prüfbericht bei.

9. Transport und Lagerung

9.1 Transport: Hohe Temperaturen (>100°C) und starke Vibrationen vermeiden.
9.2 Lagerung: Relative Luftfeuchtigkeit <50 %, vor Licht schützen.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Notentabelle

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

Marke	Chemische Zusammensetzung (%)	Härte bei Raumtemperatur (HV)	Hochtemperaturhärte (HV, 800°C)	Anwendungsbereiche
YG6	WC 94, Co 6	1900-2100	1300	Luftfahrtbohrer
YT15A	WC 79, TiC 15, Co 6	1700-1900	1200	Schneiden von Turbinenschaufeln
YW1A	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1800-2000	1250	Hochtemperatur-Teileverarbeitung

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfbedingungen

Temperatur für den Abriebfestigkeitstest: 25 °C.

Frequenz des Ermüdungstests: 10 Hz.

11 Stichwortverzeichnis

Hartmetall für die Luftfahrt

Technische Bedingungen

Testmethoden

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen von GB/T 3475-2008 und den technischen Anforderungen an Hartmetall für die Luftfahrt. Da die Norm detaillierte Tabellen, Diagramme und spezifische Leistungsdaten enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte von der offiziellen ISO-Website oder den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 20987-2007
Hartmetall für Matrizen

Vorwort

Diese Norm wird vom Nationalen Technischen Komitee für die Normung von Hartstoffen (SAC/TC 357) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie ersetzt GB/T 20987-1999 und weist folgende wesentliche technische Änderungen auf:

Aktualisierte Anforderungen an die chemische Zusammensetzung und Leistung, um den hohen Haltbarkeitsanforderungen der Formen gerecht zu werden;

Prüfinhalte zur Ermüdungsbeständigkeit und Schlagfestigkeit hinzugefügt;

Die Abstimmung mit GB/T 5244-2013 und GB/T 2075-2015 wurde optimiert.

Dieser Standard wurde am 30. Juli 2007 herausgegeben und am 1. Januar 2008 umgesetzt.

0 Einleitung

Hartmetall für Formen wird aufgrund seiner hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit und Druckfestigkeit häufig im Formenbau wie Stanzen, Ziehen und Kaltfließpressen eingesetzt. Die Formen müssen eine lange Lebensdauer und Stabilität auch bei hoher Belastung und häufigem Einsatz aufweisen. Diese Norm legt die entsprechenden technischen Anforderungen und Prüfverfahren fest.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Klassifizierung, chemische Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften, Mikrostruktur, Prüfverfahren und Qualitätskontrollanforderungen von Hartmetall für Formen fest.

1.2 Zu den anwendbaren Materialien gehören:

Wolfram-Kobalt (YG);

Wolfram-Titan-Kobalt (YT);

Wolfram-Titan-Tantal (Tantal) (YW);

Andere hochzähe legierte Hartmetalle.

1.3 Diese Norm gilt für Hartmetalle für Stanzwerkzeuge, Ziehwerkzeuge, Kaltfließpresswerkzeuge usw. und enthält keine besonderen Anforderungen für beschichtete Werkzeugmaterialien (siehe GB/T 18452).

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 16599-1996, Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

GB/T 4078-2008, Prüfverfahren für die Verschleißfestigkeit von Hartmetall

GB/T 5244-2013, Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall

GB/T 2075-2015, Klassifizierung und Anwendungsgruppen von Hartmetallen

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

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Hartmetall für Matrizen

Hartmetall mit hoher Härte und hoher Zähigkeit, speziell für den Formenbau entwickelt, geeignet für hohe Belastungen und häufige Stoßbelastungen.

3.2 Schlagfestigkeit

Die Fähigkeit von Hartmetall, einem Bruch unter Stoßbelastung zu widerstehen, wird üblicherweise in Form der Bruchzähigkeit ausgedrückt.

3.3 Formlebensdauer

Unter festgelegten Arbeitsbedingungen führt die Form effektive Stanz- oder Formungszeiten durch.

4 Klassifizierung und Marke

4.1 Hartmetalle für Formen werden nach chemischer Zusammensetzung und Verwendung in folgende Kategorien eingeteilt:

YG- Serie : Wolfram-Kobalt-Typ, geeignet für Stanzwerkzeuge mit hoher Zähigkeit.

YT- Serie : Wolfram-Titan-Kobalt-Typ, geeignet für verschleißfeste Ziehsteine.

YW- Serie : Wolfram-Titan-Tantal-Typ, geeignet für komplexe Kaltfließpresswerkzeuge.

4.2 Markenbeispiel:

YG8C: WC 92 %, Co 8 %, für Stanzwerkzeuge mit hoher Zähigkeit.

YT14C: WC 80 %, TiC 14 %, Co 6 %, für verschleißfeste Zugformen.

YW2C: Enthält TaC , wird für schlagfeste Kaltfließpresswerkzeuge verwendet.

5 Technische Anforderungen

5.1 Chemische Zusammensetzung

Wolfram-Kobalt: WC 85 %–94 %, Co 6 %–15 %.

Wolfram, Titan und Kobalt: WC 70–85 %, TiC 5–15 %, Co 5–10 %.

Wolfram-Titan-Tantal-Typ: enthält 2–5 % TaC / NbC , 6–12 % Co.

Verunreinigungsgehalt: <0,4 %.

5.2 Physikalische Eigenschaften

Härte : HV 1600–2200 (GB/T 16599).

Dichte : 14,5-15,1 g/cm³ .

Bruchzähigkeit : **12-16** MPa·m¹ / ² .

Druckfestigkeit : >4000 MPa.

5.3 Mikrostruktur

Korngröße: 0,8–2 μm .

Porosität: <0,4 %.

Phasenverteilung: Die Bindungsphase ist gleichmäßig, mit einer Bedeckung von >95 %.

5.4 Haltbarkeit

Matrizenstandzeit: >10 ⁵ Prägevorgänge (je nach Arbeitsbedingungen).

Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,04 mm³/N·m (GB/T 4078).

6 Prüfmethoden

6.1 Härteprüfung

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

Standard: GB/T 16599.
Belastung: 10 kg.
Messpunkte: mindestens 5 Punkte, Durchschnittswert.
Genauigkeit: ±30 HV.

6.2 Verschleißfestigkeitsprüfung

Standard: GB/T 4078.
Belastung: 10 N.
Gleitstrecke: 100 m.
Verschleißrate: <0,04 $mm^3/N \cdot m$.

6.3 Schlagfestigkeitsprüfung

Gerät: Fallgewichtsprüfmaschine.
Aufprallenergie: 5 J.
Voraussetzungen: Keine sichtbaren Risse.

6.4 Formlebensdauertest

Ausstattung: Stanzprüfmaschine.
Belastung: 2000 MPa.
Anzahl der Zyklen: $>10^5$ mal.

7 Inspektionsregeln

7.1 Probenahme

Aus jeder Produktcharge werden 5 %-Proben (mindestens 3 Stück) entnommen.

7.2 Bestimmung

Alle Leistungsindikatoren müssen den Anforderungen von Kapitel 5 entsprechen.
Wenn ein Artikel die Standards nicht erfüllt, ist eine vollständige Überprüfung oder Neuproduktion erforderlich.

7.3 Prüfbericht

Einschließlich: Marke, chemische Zusammensetzung, Härte, Verschleißfestigkeitsergebnisse.

8 Kennzeichnung und Verpackung

8.1 Kennzeichnung:
Das Produkt muss mit dem Markennamen (z. B. YG8C) und der Produktionschargennummer gekennzeichnet sein.
8.2 Verpackung:
Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung und fügen Sie einen Prüfbericht bei.

9. Transport und Lagerung

9.1 Transport: Hohe Temperaturen (>100°C) und starke Vibrationen vermeiden.
9.2 Lagerung: Relative Luftfeuchtigkeit <60 %, vor Licht schützen.

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Notentabelle

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

Marke	Chemische Zusammensetzung (%)	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m$^{1/2}$)	Anwendungsbereiche
Y8C	WC 92, Co 8	1800-2000	14-16	Stanzform
YT14C	WC 80, TiC 14, Co 6	1700-1900	12-14	Streckwerkzeug
YW2C	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1750–1950	13-15	Kaltfließpresswerkzeug

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfbedingungen

Temperatur für den Abriebfestigkeitstest: 25 °C.

Aufprallprüfhöhe: 0,5 m.

11 Stichwortverzeichnis

Hartmetall für Matrizen

Technische Bedingungen

Testmethoden

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen der GB/T 20987-2007 und den technischen Anforderungen an Hartmetall für Formen. Da die Norm detaillierte Tabellen, Diagramme und spezifische Leistungsdaten enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte von der offiziellen ISO-Website oder den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

GB/T 17777-1999

《Hartmetallwerkzeuge》

GB/T 17777-1999 ist eine chinesische nationale Norm, die die Klassifizierung, technischen Anforderungen, Prüfmethoden und Inspektionsregeln für Hartmetall-Schneidwerkzeuge festlegt. Sie gilt für verschiedene Schneidwerkzeuge in der Metallzerspanung, wie z. B. Drehwerkzeuge, Fräser usw. Der folgende Inhalt spiegelt den Rahmen und die Kernpunkte der Norm wider.

GB/T 17777-1999

Hartmetallwerkzeuge

Vorwort

Diese Norm wird vom Nationalen Technischen Komitee für Werkzeugnormung (SAC/TC 164) vorgeschlagen und verwaltet.

Sie ersetzt GB/T 17777-1988 und weist folgende wesentliche technische Änderungen auf:

Aktualisierte Werkzeugklassifizierung und Leistungsanforderungen, um den Anforderungen des Hochgeschwindigkeitsschneidens gerecht zu werden;

Zusätzliche Inhalte für den Verschleißfestigkeits- und Schnittlebensdauertest;

Die Abstimmung mit GB/T 5244-2013 und GB/T 2075-2015 wurde optimiert.

Dieser Standard wurde am 3. Juni 1999 herausgegeben und am 1. Januar 2000 umgesetzt.

0 Einleitung

Hartmetall-Schneidwerkzeuge werden aufgrund ihrer hohen Härte, Verschleißfestigkeit und Hitzebeständigkeit häufig in der Metallzerspanung eingesetzt. Diese Norm legt die Klassifizierung, technischen Anforderungen, Prüfverfahren und Prüfregeln für Hartmetall-Schneidwerkzeuge fest, um deren Zuverlässigkeit und Effizienz im Schneidprozess sicherzustellen.

1 Geltungsbereich

1.1 Diese Norm legt die Klassifizierung, Abmessungen, Materialanforderungen, Leistungsprüfungen und Qualitätskontrollregeln für Schneidwerkzeuge aus Hartmetall fest.

1.2 Zu den anwendbaren Schneidwerkzeugtypen gehören unter anderem:

Drehwerkzeug;

Fräser;

bohren;

Bohrwerkzeug.

1.3 Anwendbare Materialien:

Wolfram-Kobalt (YG);

Wolfram-Titan-Kobalt (YT);

Wolfram-Titan-Tantal (Tantal)-Typ (YW).

1.4 Diese Norm gilt für die spanende Metallbearbeitung, ausgenommen Werkzeuge zur nichtmetallischen Bearbeitung.

2 Normative Verweisungen

Die Abschnitte der folgenden Dokumente werden durch Verweis in dieser Norm zu Abschnitten

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

dieser Norm. Für jedes referenzierte Dokument mit Datum gilt nur die datierte Fassung für diese Norm; für jedes referenzierte Dokument ohne Datum gilt die jeweils neueste Fassung (einschließlich aller Revisionen) für diese Norm.

GB/T 16599-1996, Rockwell-Härteprüfverfahren für metallische Werkstoffe

GB/T 4078-2008, Prüfverfahren für die Verschleißfestigkeit von Hartmetall

GB/T 5244-2013, Allgemeine technische Anforderungen für Hartmetall

GB/T 2075-2015, Klassifizierung und Anwendungsgruppen von Hartmetallen

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Hartmetallwerkzeuge

Zum Trennen metallischer Werkstoffe werden Schneidwerkzeuge aus Hartmetall eingesetzt.

3.2 Standzeit

Die kumulative Zeit oder Anzahl von Werkstücken, die ein Werkzeug unter angegebenen Schneidbedingungen effektiv schneidet.

3.3 Werkzeugverschleiß

Die durch den Verschleiß während des Schneidvorgangs bedingte Veränderung der Werkzeuggeometrie wird üblicherweise als Breite der Verschleißzone ausgedrückt.

4 Klassifizierung und Spezifikationen

4.1 Schneidwerkzeuge werden nach Verwendungszweck klassifiziert:

Drehwerkzeuge : **Außendrehwerkzeuge** , Innendrehwerkzeuge.

Fräser : Schaftfräser, Planfräser .

Bohrer : Spiralbohrer, Tieflochbohrer .

Bohrwerkzeug : Schruppbohrwerkzeug **,** Feinbohrwerkzeug.

4.2 Spezifikationen:

Die Werkzeugabmessungen entsprechen GB/T 6125 (Hartlegierungswerkzeug-Abmessungsreihe).

Segmentdicke: 2 mm bis 10 mm.

4.3 Markenbeispiele:

YG6: WC 94 %, Co 6 %, geeignet zum Schneiden von Gusseisen.

YT15: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %, geeignet zum Schneiden von Stahl.

YW1: Enthält TaC , geeignet zum Schneiden von rostfreiem Stahl.

5 Technische Anforderungen

5.1 Materialanforderungen

Entspricht den Allgemeinen Technischen Anforderungen für Hartmetall GB/T 5244-2013.

Härte: HV 1600-2200 (GB/T 16599).

Bruchzähigkeit: 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$.

5.2 Geometrische Genauigkeit

Klingengeradheit: <0,02 mm.

Oberflächenrauheit: Ra < 0,4 μm (GB/T 4287).

5.3 Schneidleistung

Schnittgeschwindigkeit: 200–1500 m/min (je nach Sorte und Werkstückmaterial).

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

Schnittlebensdauer: >30 Min. (Standardarbeitsbedingungen).

5.4 Aussehen

Keine Risse, Poren oder offensichtlichen Mängel.

Die Klinge ist scharf, ohne abzusplittern.

6 Prüfmethoden

6.1 Härteprüfung

Standard: GB/T 16599.

Belastung: 10 kg.

Messpunkte: mindestens 3 Punkte, Durchschnittswert.

Genauigkeit: ±30 HV.

6.2 Verschleißfestigkeitsprüfung

Standard: GB/T 4078.

Belastung: 10 N.

Gleitstrecke: 100 m.

Verschleißrate: <0,04 $mm^3/N \cdot m$.

6.3 Schneidlebensdauertest

Ausstattung: CNC-Werkzeugmaschinen.

Werkstückmaterial: 45# Stahl oder Gusseisen.

Schnittparameter: Geschwindigkeit 200 m/min, Vorschub 0,2 mm/U, Schnitttiefe 1 mm.

Lebensdauerbestimmung: Verschleißbandbreite VB = 0,3 mm.

7 Inspektionsregeln

7.1 Probenahme

Aus jeder Produktcharge werden 5 %-Proben (mindestens 3 Stück) entnommen.

7.2 Bestimmung

Alle Leistungsindikatoren müssen den Anforderungen von Kapitel 5 entsprechen.

Wenn ein Artikel die Standards nicht erfüllt, ist eine vollständige Überprüfung oder Neuproduktion erforderlich.

7.3 Prüfbericht

Einschließlich: Werkzeugtyp, Marke, Härte, Verschleißfestigkeit und Schnittlebensdauer.

8 Kennzeichnung und Verpackung

8.1 Kennzeichnung:

Die Marke (z. B. YG6) und die Produktionschargennummer sind auf dem Werkzeug angegeben.

8.2 Verpackung:

Verwenden Sie eine feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackung und fügen Sie einen Prüfbericht bei.

9. Transport und Lagerung

9.1 Transport: Hohe Temperaturen (>100°C) und starke Vibrationen vermeiden.

9.2 Lagerung: Relative Luftfeuchtigkeit <60 %, vor Licht schützen.

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

10 Anhang

Anhang A (Referenz)

A.1 Notentabelle

Marke	Chemische Zusammensetzung (%)	Härte (HV)	Schnittlebensdauer (min)	Anwendungsbereiche
YG6	WC 94, Co 6	1800-2000	40	Schneiden von Gusseisen
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1600-1800	30	Stahlschneiden
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1900	35	Schneiden von Edelstahl

Anhang B (Referenz)

B.1 Prüfbedingungen

Temperatur für den Schnittlebensdauertest: 25 °C.

Genauigkeit der Verschleißstreifenbreitemessung: ±0,01 mm.

11 Stichwortverzeichnis

Hartmetallwerkzeuge

Technische Bedingungen

Testmethoden

Beachten :

Der obige Inhalt basiert auf den öffentlichen Informationen der GB/T 17777-1999 und den technischen Anforderungen an Hartmetallwerkzeuge. Da die Norm detaillierte Tabellen, Diagramme und spezifische Schnittparameter enthalten kann, bietet der obige Inhalt lediglich einen Rahmenüberblick. Wenn Sie den offiziellen Volltext, die neueste Version oder spezifische experimentelle Daten benötigen, beziehen Sie diese bitte von der offiziellen ISO-Website oder den zuständigen Zertifizierungsstellen.

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

Kurze Einführung in hochtemperaturbeständige Hartmetall-Luftfahrtwerkzeuge

Hochtemperaturbeständige Hartmetall-Flugzeugwerkzeuge sind Hochleistungsschneidwerkzeuge für die Luftfahrtindustrie und werden häufig zur Bearbeitung schwer zu bearbeitender Materialien wie Hochtemperaturlegierungen, Titanlegierungen und Edelstahl eingesetzt. Diese Werkzeuge basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co) als Bindephase) und verfügen durch optimierte chemische Zusammensetzung und Herstellungsverfahren über eine verbesserte Temperaturbeständigkeit und Schneidfähigkeit.

1. Materialeigenschaften

Hohe Temperaturbeständigkeit

Es kann seine Härte (HV > 1200) bei hohen Temperaturen von 600–1000 °C beibehalten und eignet sich daher für die Verarbeitung von Hochtemperaturteilen wie Schaufelblättern und Gehäusen von Flugzeugtriebwerken.

Hohe Härte

Die Härte bei Raumtemperatur beträgt normalerweise HV 1800–2500 und es weist eine hohe Verschleißfestigkeit auf.

Bruchzähigkeit

12-18 MPa·m¹ / ², wodurch sichergestellt wird, dass die Schneidkante beim Schneiden unter hoher Belastung nicht so leicht ausbricht.

chemische Zusammensetzung

YT) und Wolfram-Titan-Tantal (YW). Manchmal werden Seltenerdelemente oder spezielle Beschichtungen (wie PVD TiAlN , CVD Al_2O_3) hinzugefügt, um die Leistung zu verbessern.

2. Spezifische Leistungsbeschreibung typischer Sorten

Marke	chemische Zusammensetzung	Leistung	Merkmale	Empfohlene Schnittgeschwindigkeit (m/min)
YG6	WC 94%, Co 6%	Raumtemperaturhärte: HV 1900-2100 Warmhärte (800°C): ~1300 HV Bruchzähigkeit: 14-16 MPa·m¹ /² Dichte: 14,9 g/cm³ Verschleißrate: <0,03 mm³ /N·m	Hohe Zähigkeit, hervorragende Schlagfestigkeit, geeignet für Trocken- oder Niedriggeschwindigkeitsschnitt, mäßige Hitzebeständigkeit	200 -800
YT15A	WC 79%, TiC 15 %, Co 6 %	Raumtemperaturhärte: HV 1700-1900 Warmhärte (800°C): ~1200 HV Bruchzähigkeit: 12-14 MPa·m¹ /² Dichte: 11,5 g/cm³ Verschleißrate: <0,035 mm³ /N·m	Hohe Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Oxidation, geeignet für das Hochgeschwindigkeitsschneiden von Stahl und Hochtemperaturlegierungen, gute Beständigkeit gegen	500 -1500

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

Marke	chemische Zusammensetzung	Leistung	Merkmale	Empfohlene Schnittgeschwindigkeit (m/min)
			Adhäsion und Verschleiß	
YW1A	WC 78%, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	Raumtemperaturhärte: HV 1800-2000 Warmhärte (800°C): ~1250 HV Bruchzähigkeit: 13-15 MPa·m¹ /² Dichte: 12,8 g/cm³ Verschleißrate: <0,032 mm³ /N·m	Ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit, geeignet für komplexe Oberflächenbearbeitung und intermittierendes Schneiden, hohe Beständigkeit gegen Kolkverschleiß	300-1200

3. Spezifische Produkttypen

Produkt	Typ	Anwendung	Merkmale
Drehwerkzeug	Außendrehmeißel, Innendrehmeißel	Bearbeitung von Flugzeugtriebwerkswellenteilen, YG6A eignet sich zum Schruppdrehen, YT15A zum Feindrehen	Die Klinge ist verstärkt und die Schnitttiefe kann 2-4 mm erreichen
Fräser	Schaftfräser, Kugelkopffräser	YW1A eignet sich für die Bearbeitung komplexer Oberflächen von Turbinenschaufeln und Gehäusen zum Fräsen von Titanlegierungen	Mehrschneidige Ausführung, Schnittgeschwindigkeit bis zu 1000 m/min
bohren	Spiralbohrer, Tieflochbohrer	Bohren von Strukturteilen in der Luftfahrt, YG6A eignet sich zum Bohren von Gusseisen, YT15A eignet sich zum Bohren von Stahl	Hochtemperaturbeständige Beschichtung, Bohrtiefenverhältnis bis zu 10:1
Bohrwerkzeug	Schruppbohrwerkzeug, Feinbohrwerkzeug	YW1A sorgt für die Endbearbeitung von Zylinderbohrungen von Flugzeugmotoren und bietet hohe Präzision und Haltbarkeit	Einstellbarer Werkzeughalter mit Toleranz von ±0,01 mm

4. Anwendungsgebiete

Flugzeugtriebwerksteile (wie Turbinenschaufeln, Brennkammern), Endbearbeitung von Flugzeugstrukturteilen (wie Rumpfspanten, Fahrwerke),
Produktion und Verarbeitung, die hohe Präzision und Effizienz erfordern.

5. Leistungsanforderungen

Schnittlebensdauer: Bei einer Schnittgeschwindigkeit von 200–1500 m/min kann die Lebensdauer mehr als 30 Minuten erreichen.
Verschleißfestigkeit: Die Verschleißrate liegt üblicherweise unter 0,03 mm³/N·m (siehe GB/T 4078).
Hohe Temperaturstabilität: Masseverlustrate <0,5 %/h bei 1000 °C.

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

6. Herstellung und Prüfung

Herstellungsverfahren: Es wird ein pulvermetallurgisches Verfahren verwendet und Seltenerdelemente werden hinzugefügt, um die Mikrostruktur zu optimieren.
Korngröße: 0,5–1,5 μm .
Porosität: <0,3 %.
Testmethode:
Härteprüfung: GB/T 16599.
Abriebfestigkeitstest: GB/T 4078.
Leistungsbewertung bei hohen Temperaturen: Siehe GB/T 3475, um sicherzustellen, dass die strengen Luftfahrtstandards eingehalten werden.

7. Hinweise

Um die Auswirkungen der hohen Temperaturen zu reduzieren, ist beim Schneiden Schneidflüssigkeit (z. B. Kühlmittel auf Öl- oder Wasserbasis) erforderlich.
Bei der Werkzeugkonstruktion muss die Beständigkeit gegen adhäsiven Verschleiß und Kolkverschleiß berücksichtigt werden , insbesondere beim Interferenzfräsen.
Die Bearbeitungsparameter müssen entsprechend dem Werkstückmaterial und der Werkzeugmarke optimiert werden, um Werkzeugausfälle durch Überlastung zu vermeiden.

Hochtemperaturbeständige Hartmetallwerkzeuge für die Luftfahrtindustrie gehören zu den Kernwerkzeugen der Luftfahrtindustrie. Ihre Leistung wirkt sich direkt auf die Verarbeitungsqualität und -effizienz aus. Mit der Weiterentwicklung der Luftfahrttechnologie werden Werkzeugmaterialien und Beschichtungstechnologien (wie Keramikbeschichtungen und Nanobeschichtungen) kontinuierlich verbessert, um den gestiegenen Verarbeitungsanforderungen gerecht zu werden.

Die CTIA GROUP LTD blickt auf eine 30-jährige Geschichte in der Hartmetallherstellung zurück und hat eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert , die den hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen gerecht werden. Benötigen Sie hochtemperaturbeständige Hartmetallwerkzeuge für die Luftfahrt ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Kurze Einführung in Hartmetall-Gasturbinenschaufeln

Gasturbinenschaufeln aus Hartmetall sind leistungsstarke Schlüsselkomponenten, die speziell für Gasturbinen entwickelt wurden und häufig in Luft- und Raumfahrttriebwerken, industriellen Gasturbinen und der Stromerzeugung eingesetzt werden. Diese Schaufeln basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co) als Bindephase) und sind durch fortschrittliche Fertigungsverfahren und Oberflächenbehandlungstechnologien an extreme Arbeitsbedingungen wie hohe Temperaturen, hohen Druck, hohe Drehzahlen und komplexe Luftströmungen angepasst. Gasturbinenschaufeln sind nicht nur Kernkomponenten der Energieumwandlung, ihre Leistung bestimmt auch direkt deren Effizienz, Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Mit der rasanten Entwicklung der Luft- und Raumfahrt- sowie der Energiebranche steigen die Anforderungen an die Hochtemperaturbeständigkeit, Ermüdungsfestigkeit und Verarbeitungsgenauigkeit der Schaufelmaterialien. Hartmetall hat sich in diesem Bereich aufgrund seiner hervorragenden Gesamtleistung zur gängigen Wahl entwickelt.

1. Materialeigenschaften

Die Materialeigenschaften von Gasturbinenschaufeln aus Hartmetall sind der Schlüssel zu ihrer Fähigkeit, extremen Umgebungen standzuhalten:

chemische Zusammensetzung

Hauptsächlich Wolfram-Kobalt (YG), Wolfram-Titan-Kobalt (YT) und Wolfram-Titan-Tantal (YW). YG konzentriert sich auf die Zähigkeit, YT verbessert die Hitzebeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit, und YW verbessert durch die Zugabe von TaC die Hochtemperaturfestigkeit . Zusätzlich verwenden einige Klingen Seltenerdelemente (wie Cer und Lanthan) zur Verfeinerung der Körnung oder PVD/CVD-Beschichtungen (wie TiAlN und Al_2O_3) zur weiteren Verbesserung der Oberflächenleistung.

Hohe Temperaturbeständigkeit

Schaufeln müssen über lange Zeit bei hohen Temperaturen von 600–1000 °C betrieben werden, und einige hochmoderne Designs erfordern sogar Toleranzen von über 1200 °C. Zu diesem Zweck kann Hartmetall durch Optimierung des Bindephasenverhältnisses und Zugabe hitzebeständiger Elemente (wie Tantal Ta und Niob Nb) seine Härte (HV > 1200) bei hohen Temperaturen aufrechterhalten, wodurch es sich besonders für den Hochtemperatur-Luftstrombereich im hinteren Abschnitt der Gasturbinenbrennkammer eignet.

Hohe Härte

Die Härte bei Raumtemperatur erreicht normalerweise HV 1800–2500, wodurch sichergestellt wird, dass die Oberflächenintegrität bei Hochgeschwindigkeits-Luftstromerosion und Partikelerosion erhalten bleibt.

Bruchzähigkeit

Der Bereich liegt zwischen 12 und 18 $MPa \cdot m^{1} / {}^{2}$. Durch die Steuerung der Korngröße und der

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

Phasenverteilung wird die Rissbeständigkeit der Schaufel bei hohen Zentrifugalkräften (bis zu mehreren tausend g) und Vibrationsbelastungen verbessert.

2. Spezifische Leistungsbeschreibung typischer Sorten

Marke	chemische Zusammensetzung	Leistung	Merkmale	Empfohlene Schnittgeschwindigkeit (m/min)
YG6	WC 94%, Co 6%	Raumtemperaturhärte: HV 1900-2100 Warmhärte (800°C): ~1300 HV Bruchzähigkeit: 14-16 MPa·m¹ /² Dichte: 14,9 g/cm³ Verschleißrate: <0,03 mm³ /N·m	Hohe Zähigkeit, ausgezeichnete Schlagfestigkeit, geeignet für langsames Schneiden, mäßige Hitzebeständigkeit, geeignet für Erstverdichterschaufeln	200-800
YT15A	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	Raumtemperaturhärte: HV 1700-1900 Warmhärte (800°C): ~1200 HV Bruchzähigkeit: 12-14 MPa·m¹ /² Dichte: 11,5 g/cm³ Verschleißrate: <0,035 mm³ /N·m	Hohe Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Oxidation, geeignet für das Hochgeschwindigkeitsschneiden von Stahl und Hochtemperaturlegierungen, gute Beständigkeit gegen Adhäsion und Verschleiß, geeignet für Mitteldruckturbinenschaufeln	500-1500
YW1A	WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	bei Raumtemperatur : HV 1800-2000 Härte bei hohen Temperaturen (800°C): ~1250 HV Bruchzähigkeit: 13-15 MPa·m¹ /² Dichte: 12,8 g/cm³ Verschleißrate: <0,032 mm³ /N·m	Ausgezeichnete Hochtemperatur- und Korrosionsbeständigkeit, geeignet für komplexe Oberflächenbearbeitung und intermittierendes Schneiden, hohe Beständigkeit gegen Kolkverschleiß, geeignet für Hochdruckturbinenschaufeln	300-1200

3. Spezifische Produkttypen

Produkt Typ	Typ	Anwendung	Merkmale
Turbinenschaufeln	Hochdruckschaufeln, Niederdruckschaufeln	Hochdruckschaufeln dienen zur Gewinnung von Hochtemperatur- und Hochdruckgasenergie (Temperatur 1000–1200 °C), Niederdruckschaufeln zur anschließenden Energieumwandlung (Temperatur 600–800 °C). YW1A ist für Hochtemperaturbereiche geeignet.	Einkristallguss, interner Kühlkanal, Temperaturbeständigkeit über 1200 °C, thermisch ermüdungsbeständiges Design
Leitschaufeln	Feststehende Klingen, verstellbare Klingen	Leiten Sie den Luftstrom zu den rotierenden Flügeln, um die Effizienz des Luftstroms zu optimieren. YT15A ist für verschleißintensive Arbeitsbedingungen geeignet.	Wärmedämmschicht (TBC), starke Antioxidationsleistung, einstellbarer Winkel zur Optimierung der Effizienz
Kompressorschaufeln	Vordere Klingen,	Druckluft erhöht den Druck. Die vorderen	Hochrobustes Design,

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

Produkt Typ	Typ	Anwendung	Merkmale
	hintere Klingen	Schaufeln verarbeiten Niederdruckluft (300–500 °C), die hinteren Schaufeln Hochdruckluft (500–700 °C). YG6A eignet sich für die erste Kompressionsstufe.	hervorragende Ermüdungsbeständigkeit, Oberflächenpolitur zur Reduzierung des Luftstromwiderstands

4. Anwendungsgebiete

Flugzeugtriebwerke

Turbinenschaufeln und Brennkammerkomponenten müssen Temperaturen von über 1.000 °C und ultrahohen Drehzahlen (> 10.000 U/min) standhalten. Daher sind Werkstoffe mit extrem hoher thermischer Stabilität und Kriechfestigkeit erforderlich.

Industrielle Gasturbinen

Wird zur Stromerzeugung und zum Schiffsantrieb verwendet, mit einer Betriebstemperatur von 600–900 °C, wobei der Schwerpunkt auf langfristiger Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit liegt.

Umgebung mit hohen Temperaturen und hohem Druck

Beispielsweise müssen Antriebssysteme in der Petrochemie und der Luft- und Raumfahrt mit korrosiven Gasen und Partikelerosion zurechtkommen.

5. Leistungsanforderungen

Hochtemperaturfestigkeit: Die Zugfestigkeit beträgt >800 MPa bei 1000°C, wodurch sichergestellt wird, dass die Klingen bei hohen Temperaturen keine plastische Verformung erfahren.

Verschleißfestigkeit: Die Verschleißrate liegt unter 0,03 $mm^3/N \cdot m$ (siehe GB/T 4078), beständig gegen Luftstrom mit hohen Temperaturen und Partikelverschleiß.

Kriechfestigkeit: Kriechlebensdauer >1000 Stunden bei 900 °C und 200 MPa Belastung, wodurch eine langfristige Verformung verhindert wird.

^{6} Zyklen mit hochfrequenter Vibration (10–100 Hz) und Zentrifugalkraft, geeignet für Start-Stopp-Zyklen von Gasturbinen.

Thermische Ermüdungsleistung: Hält 1000-mal thermischen Zyklen von 500–1000 °C ohne sichtbare Risse stand.

6. Herstellungsprozess

Präzisionsguss

Das Wachsausschmelzverfahren bzw. die Technologie der gerichteten Erstarrung wird verwendet, um ein gerichtetes Wachstum der Körner sicherzustellen und Schwächen an den Korngrenzen zu verringern.

Einkristalltechnologie

Durch die Steuerung der Erstarrungsrichtung zur Herstellung von Einkristallschaufeln können die Hochtemperaturfestigkeit und die Kriechfestigkeit deutlich verbessert werden.

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

Interne Kühlkanäle

Durch die Verwendung eines Keramikkerngusses beträgt der Kanaldurchmesser 0,5–2 mm, was die Kühleffizienz optimiert und die Oberflächentemperatur der Klinge um 200–300 °C senkt.

Wärmedämmschichten (TBC)

Zum Einsatz kommt Plasmaspritzen oder physikalische Gasphasenabscheidung mittels Elektronenstrahl (EB-PVD) mit einer Schichtdicke von 100–300 μm und einer Wärmeleitfähigkeit von <1 W/ m·K .

7. Strategie zur Leistungsoptimierung

Legierungsdesign: Erhöhen Sie den TaC / NbC -Gehalt, um die Phasenstabilität bei hohen Temperaturen zu verbessern; fügen Sie Seltenerdelemente hinzu, um die Körner zu verfeinern und die Zähigkeit zu verbessern.

Beschichtungstechnologie: Verwenden Sie eine Mehrschichtbeschichtung (z. B. Metallbindungsschicht + Keramikdeckschicht), um die Antioxidations- und Wärmebarrierewirkung zu verbessern.

Kühldesign: Optimieren Sie das interne Kanallayout und kombinieren Sie es mit einer externen Filmkühlung, um die Betriebstemperatur des Blades zu senken.

Verarbeitungstechnologie: Verwenden Sie fünfachsige CNC-Werkzeugmaschinen und laserunterstützte Verarbeitung, um die Genauigkeit komplexer geometrischer Formen sicherzustellen.

In ihrer 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und erfüllt damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Wenn Sie Hartmetall-Gasturbinenschaufeln benötigen , bieten wir Ihnen gerne präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!

Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Kurze Einführung in hochtemperaturbeständige Hartmetallkomponenten für Kernkraftwerke

Hochtemperaturbeständige Hartmetallkomponenten für Kernkraftwerke sind Hochleistungswerkstoffe für Kernkraftwerke und finden breite Anwendung in Kernreaktoren, Druckbehältern, Brennelementen und Kühlsystemen. Diese Komponenten basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co) als Bindephasen), kombiniert mit fortschrittlichem Legierungsdesign und Oberflächenbehandlungstechnologie, um den hohen Temperaturen (500–950 °C), der hohen Strahlung und der starken Korrosion im Kernkraftwerksbetrieb standzuhalten. Hartmetall hat sich aufgrund seiner hervorragenden Hitzebeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Strahlungsresistenz zu einem wichtigen Werkstoff in der Kernkraftindustrie entwickelt.

1. Materialeigenschaften

Hohe Temperaturbeständigkeit

Hartmetall kann seine strukturelle Stabilität bei hohen Temperaturen von 600–1000 °C aufrechterhalten, und einige optimierte Formeln können Temperaturen über 1200 °C standhalten, wodurch es für den Kernbereich von Kernreaktoren geeignet ist.

Hohe Härte

Die Härte bei Raumtemperatur beträgt üblicherweise HV 1800–2500, mit hoher Verschleiß- und Erosionsbeständigkeit sowie Beständigkeit gegen Hochtemperatur-Luftstrom und Partikelerosion.

Strahlungsresistenz

Durch die Zugabe stabilisierender Elemente (wie Niob Nb und Tantal Ta) können strahlungsbedingte Gitterdefekte reduziert und die Lebensdauer der Komponenten verlängert werden.

chemische Zusammensetzung

Es besteht hauptsächlich aus Wolfram-Kobalt (YG), Wolfram-Titan-Kobalt (YT) und Wolfram-Titan-Tantal (YW). Einige Formeln enthalten zusätzlich nickel- oder chrombasierte Legierungselemente, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

2. Spezifische Leistungsbeschreibung typischer Sorten

Marke	chemische Zusammensetzung	Leistung	Merkmale	Empfohlene Betriebstemperatur (°C)
YG6	WC 94%, Co 6%	Raumtemperaturhärte: HV 1900-2100 Warmhärte (800°C): ~1300 HV Bruchzähigkeit: 14-16 MPa·m¹ /² Dichte: 14,9 g/cm³ Verschleißrate: <0,03 mm³ /N·m	Hohe Zähigkeit, hervorragende Schlagfestigkeit, geeignet für Umgebungen mit mittleren und niedrigen Temperaturen, mäßige Hitzebeständigkeit	200-800
YT15A	WC 79 %, TiC 15 %,	Raumtemperaturhärte: HV 1700-1900	Hohe Beständigkeit gegen hohe	500-1000

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

Marke	chemische Zusammensetzung	Leistung	Merkmale	Empfohlene Betriebstemperatur (°C)
	Co 6 %	Warmhärte (800°C): ~1200 HV Bruchzähigkeit: 12-14 MPa·m¹ /² Dichte: 11,5 g/cm³ Verschleißrate: <0,035 mm³ /N·m	Temperaturen und Oxidation, geeignet für die Verarbeitung von Hochtemperaturlegierungen	
YW1A	WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	Raumtemperaturhärte: HV 1800-2000 Warmhärte (800°C): ~1250 HV Bruchzähigkeit: 13-15 MPa·m¹ /² Dichte: 12,8 g/cm³ Verschleißrate: <0,032 mm³ /N·m	Ausgezeichnete Hochtemperatur- und Korrosionsbeständigkeit, starke Strahlungsbeständigkeit	300-950

3. Spezifische Produkttypen

Produkttyp	Typ	Anwendung	Merkmale
Reaktordruckbehälter	Schale, Kopf	Hält hohen Temperaturen und hohem Druck stand, nimmt den Kern eines Kernreaktors auf, YW1A ist für Hochtemperaturbereiche geeignet	Dickwandige Ausführung, Kriechstromfestigkeit, Temperaturbeständigkeit bis 950°C
Brennelemente	Brennstabhülle, Endkappe	YT15A kapselt Kernbrennstoff ein und bietet Korrosionsschutz	Präzisionsbearbeitung, Anti-Strahlungsverformung
Kühlsystemkomponenten	Rohre, Wärmetauscher	Getriebekühlmittel, YG6A ist für den Niederdruckbereich geeignet	Korrosionsschutzbeschichtung, temperaturbeständig 600-800°C
Ventile und Befestigungselemente	Regelventil, Bolzen	Kontrollieren Sie die Flüssigkeit und fixieren Sie die Struktur. YW1A verbessert die Haltbarkeit.	Hohe Festigkeit, Dauerfestigkeit, Temperaturbeständigkeit über 700°C

4. Anwendungsgebiete

Kern eines Kernreaktors: wie Druckbehälter und Brennelemente, die hohen Temperaturen von 500–950 °C und Strahlungsdosen (> 10 ⁸ Gy) standhalten müssen.

Kühlsysteme: Rohrleitungen und Wärmetauscher, die Hochtemperaturkühlmittel wie geschmolzene Salze oder flüssige Metalle verarbeiten.

Sicherheitssysteme: Ventile und Befestigungselemente zur Gewährleistung der Sicherheit und Stabilität des Betriebs von Kernkraftwerken.

5. Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturfestigkeit: Zugfestigkeit >800 MPa bei 900 °C, widersteht thermischem Kriechen.

Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,03 mm³/N·m, widersteht Partikelerosion bei hohen Temperaturen.

Strahlungsstabilität: Die Gitterausdehnung beträgt <0,5 % unter 10 ⁸ Gy Strahlung, wodurch eine

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

Materialversprödung verhindert wird.

Korrosionsbeständigkeit: In sauren oder chlorhaltigen Umgebungen beträgt die Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr.

[6] Zyklen unter Hochtemperaturvibration .

6. Herstellungsprozess

Pulvermetallurgie: Durch Heißisostatisches Pressen (HIP) wird eine gleichmäßige Mikrostruktur mit einer Korngröße von 0,5–2 μm gewährleistet .

Feinguss: Verwenden Sie das Wachsausschmelzverfahren, um komplexe Geometrien wie Kühlkanäle herzustellen.

Oberflächenbeschichtung: Mittels PVD/CVD-Technologie (z. B. TiN , CrN), Dicke 5–20 μm , zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

7. Strategie zur Leistungsoptimierung

Legierungsdesign: Erhöhen Sie den TaC / NbC -Gehalt, um die Phasenstabilität bei hohen Temperaturen zu verbessern; fügen Sie nickelbasierte Elemente (wie Inconel 625) hinzu, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Wärmebehandlung: Verwenden Sie eine feste Lösung + Alterungsbehandlung, um die Korngrenzenfestigkeit zu optimieren.

Beschichtungstechnologie: Mehrschichtige Wärmedämmbeschichtungen (z. B. YSZ) reduzieren die Oberflächentemperatur um 200–300 °C.

Bearbeitungstechnologie: Nutzen Sie die laserunterstützte Bearbeitung, um die Genauigkeit komplexer Teile sicherzustellen.

8. Hinweise

Strahlenschutz: Regelmäßig auf Gitterschäden prüfen, um eine Materialversprödung zu vermeiden.

Kühlungswartung: Sorgen Sie für eine reibungslose Kühlmittelzirkulation, um lokale Überhitzung zu vermeiden.

Bearbeitungsoptimierung: Schnittgeschwindigkeit (200–1000 m/min) kontrollieren und Kühlmittel verwenden, um thermische Spannungen zu reduzieren.

Sicherheitsstandards: Halten Sie den ASME Boiler and Pressure Vessel Code ein, um die Zuverlässigkeit der Komponenten zu gewährleisten.

Hochtemperaturbeständige Hartmetallkomponenten für Kernkraftwerke sind der Schlüssel zur Sicherheit und Effizienz der Kernenergie. Ihre Leistung wirkt sich direkt auf die Lebensdauer und Betriebsstabilität des Reaktors aus. Mit der Weiterentwicklung der Kernenergietechnologie, insbesondere bei Reaktoren der vierten Generation (z. B. gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren) und der Kernfusionsforschung, beschleunigt sich die Optimierung von Hartmetall und die Entwicklung neuer Legierungen (z. B. Legierung 617). Verwandte Technologien entwickeln sich im Inland (z. B. bei der China National Nuclear Corporation) und international (z. B. im US DOE Laboratory) weiter, insbesondere im Bereich der Hochtemperatur-Kernreaktoren. Großes Potenzial.

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

Einführung in korrosionsbeständige Hartmetall-Chemieventile

Korrosionsbeständige Hartmetall-Chemieventile sind korrosionsbeständige und hochverschleißfeste Ventilkomponenten, die speziell für die chemische Industrie entwickelt wurden. Sie werden häufig in Rohrleitungssystemen eingesetzt, die starke Säuren, starke Laugen, Hochtemperaturmedien und korrosive Gase transportieren. Diese Ventile basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid-WC- und Kobalt-Co-Bindungsphasen) und sind durch optimierte Legierungszusammensetzung und Oberflächenbehandlungstechnologie für extreme Korrosions- und Verschleißbedingungen in chemischen Prozessen ausgelegt. Hartmetall hat sich aufgrund seiner hervorragenden Korrosionsbeständigkeit, Verschleißfestigkeit und mechanischen Festigkeit zum bevorzugten Material für die Herstellung von Chemieventilen entwickelt.

1. Materialeigenschaften

Korrosionsbeständigkeit

Durch Zugabe von korrosionsbeständigen Elementen (wie Chrom Cr, Nickel Ni) und Beschichtungen (wie TiN , CrN) behält Hartmetall seine Stabilität in starker Säure (H_2SO_4 , HCl) , stark alkalische (NaOH) und chloridhaltige Umgebungen, und die Korrosionsrate liegt normalerweise unter 0,01 mm/Jahr.

Hohe Härte

Die Härte bei Raumtemperatur beträgt HV 1800–2400, wodurch Partikelverschleiß und Erosion beständig sind.

Bruchzähigkeit

10–15 MPa·m¹ / ², wodurch sichergestellt wird, dass es bei hoher Druckbelastung nicht leicht reißt.

chemische Zusammensetzung

Hauptsächlich Wolfram-Kobalt (YG), Wolfram-Titan-Kobalt (YT) und Wolfram-Titan-Tantal (YW). Einige Formeln enthalten Nickellegierungen oder Molybdän (Mo), um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

2. Spezifische Leistungsbeschreibung typischer Sorten

Marke	chemische Zusammensetzung	Leistung	Merkmale	Temperatur (°C)	Empfohlene Medien
YG6	WC 94%, Co 6%	Raumtemperaturhärte: HV 1900-2100 Bruchzähigkeit: 14-16 MPa·m¹ /² Dichte: 14,9 g/cm³ Korrosionsrate: <0,01 mm/Jahr	Hohe Zähigkeit, ausgezeichnete Schlagfestigkeit, beständig gegen schwache Säureumgebung	-20 - 600	Verdünnte Schwefelsäure, Süßwasser
YT15A	WC 79%, TiC 15 %, Co 6 %	Raumtemperaturhärte: HV 1700-1900 Bruchzähigkeit: 12-14 MPa·m¹ /² Dichte: 11,5 g/cm³ Korrosionsrate: <0,008 mm/Jahr	Hohe Temperaturbeständigkeit, starke Oxidationsbeständigkeit und starke Säurekorrosionsbeständigkeit	0 - 800	Konzentrierte Salzsäure, Salpetersäure
YW1A	WC 78 %, TiC 10 %,	Raumtemperaturhärte: HV 1800-	Hohe Temperaturbeständigkeit, starke	-10 -	Chlorid, starke

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

Marke	chemische Zusammensetzung	Leistung	Merkmale	Temperatur (°C)	Empfohlene Medien
	TaC 2 %, Co 10 %	2000 Bruchzähigkeit: 13-15 MPa·m¹ /² Dichte: 12,8 g/cm³ Korrosionsrate: <0,005 mm/Jahr	Korrosionsbeständigkeit und Chloriderosionsbeständigkeit	950	alkalische Lösung

3. Spezifische Produkttypen

Produkttyp	Typ	Anwendung	Merkmale
Kugelhahn	Schwimmender Kugelhahn, zapfengelagerter Kugelhahn	YW1A beherrscht stark saure und stark alkalische Flüssigkeiten und ist für stark korrosive Umgebungen geeignet	Starke Abdichtung, Druckbeständigkeit 10-50 MPa
Absperrklappe	Zwischenflansch-Absperrklappe, Exzenter-Absperrklappe	YT15A reguliert korrosive Gase und bietet Verschleißschutz	Leichtbauweise, Temperaturbeständigkeit 800°C
Tor	Flachschieber, Plattenschieber	Schneiden Sie hochkonzentrierte chemische Schlämme ab, YG6A ist für Bedingungen mit geringer Korrosion geeignet	Hohe Verschleißfestigkeit, Erosionsbeständigkeit, Druckfestigkeit 20 MPa
Rückschlagventil	Hubrückschlagventil, Schwenkrückschlagventil	YW1A verhindert den Rückfluss korrosiver Medien und verbessert die Haltbarkeit	Korrosionsschutzbeschichtung, Temperaturbeständigkeit über 700°C

4. Anwendungsgebiete

Chemische Reaktoren, wie sie beispielsweise in der Schwefelsäureproduktion und der Chloralkaliindustrie eingesetzt werden, müssen der Korrosion durch H_2SO_4 und Cl_2 standhalten .

Petrochemie: In Rohrleitungssystemen werden Alkane, Aromaten und Schwefelverbindungen transportiert.

Pharma und Umweltschutz: Behandlung von saurem Abwasser und alkalischen Katalysatoren mit Schwerpunkt auf Sicherheit und Haltbarkeit.

5. Leistungsanforderungen

Korrosionsbeständigkeit: In 10%iger HCl-Lösung bei 80 °C beträgt die Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr.

Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,03 mm^3 / N · m (siehe GB/T 4078), beständig gegen Partikelerosion.

Hohe Temperaturfestigkeit: Zugfestigkeit >700 MPa bei 800°C, verhindert thermisches Kriechen.

Dichtungsleistung: Leckrate <0,01 % (gemäß API 598-Standard).

^{5} Zyklen unter Druckwechselbelastung (0-20 MPa).

6. Herstellungsprozess

Pulvermetallurgie: Zur Gewährleistung der Dichte wird das Heißisostatische Pressen (HIP) mit

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

einer Korngröße von 0,5–2 μm verwendet .
Präzisionsbearbeitung: Durch CNC-Drehen und EDM wird die Toleranz auf ±0,02 mm kontrolliert.
Oberflächenbehandlung: PVD/CVD-Beschichtung (z. B. CrN , TiAlN), Dicke 5–15 μm .

Korrosionsbeständige Hartmetall-Chemieventile sind Schlüsselkomponenten in der chemischen Produktion, und ihre Leistung wirkt sich direkt auf die Prozessstabilität und -sicherheit aus. Da die chemische Industrie zunehmend korrosions- und temperaturempfindlicher wird, beschleunigt sich die Optimierung von Hartmetall (z. B. Nanobeschichtungen und Verbundwerkstoffe).

In ihrer 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und erfüllt damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Benötigen Sie korrosionsbeständige Hartmetall- Chemieventile ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Korrosionsbeständige Hartmetall-Offshore-Bohrwerkzeuge

Korrosionsbeständige Bohrwerkzeuge aus Hartmetall für die Schifffahrt sind Hochleistungswerkzeuge, die für die Tiefseeförderung von Öl und Gas, die geologische Meereserkundung und die Meeresbodentechnik entwickelt wurden und häufig bei Bohrarbeiten in extremen Umgebungen eingesetzt werden. Diese Bohrwerkzeuge basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch präzise Legierungsformulierung, Oberflächenhärtungstechnologie und moderne Herstellungsverfahren werden ihre Beständigkeit gegen Seewasserkorrosion, ihre Hochdruckverschleißfestigkeit, ihre antibiologische Haftung und ihre mechanische Festigkeit deutlich verbessert. Meeresbohrungen erfordern Wassertiefen von Hunderten bis Tausenden von Metern und sind mit hohen Drücken (bis zu 50 MPa), stark salzhaltigem Seewasser (mit 3,5 % NaCl), Kiesauswaschung, Schwefelwasserstoff (H_2S) und niedrigen Temperaturen verbunden. Herkömmliche Materialien wie Edelstahl oder Kohlenstoffstahl sind nur schwer zu handhaben, weshalb korrosionsbeständiges Hartmetall zum Kernmaterial in diesem Bereich geworden ist. In den letzten Jahren haben die Forschung, Entwicklung und Anwendung von korrosionsbeständigem Hartmetall mit der beschleunigten Erschließung von Tiefseeressourcen und den gestiegenen Anforderungen an den Umweltschutz neue Entwicklungsmöglichkeiten eröffnet.

1. Technische Eigenschaften

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe korrosionsbeständiger Elemente wie Chrom (Cr) und Molybdän (Mo) sowie TiN- , CrN- oder TiAlN -Beschichtungen weist korrosionsbeständiges Hartmetall eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit in salzhaltigem Meerwasser sowie in Chlorid- und Sulfidumgebungen auf. Die Korrosionsrate beträgt nur 0,01–0,02 mm/Jahr und ist damit deutlich besser als bei herkömmlichem Edelstahl (über 0,1 mm/Jahr). Besonders hervorzuheben ist seine Beständigkeit gegen H_2S-Korrosion, sodass es sich für schwefelwasserstoffhaltige Tiefsee-Öl- und Gasfelder eignet.

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt zwischen HV 1800 und 2500, wodurch Verschleiß und Partikelerosion von Meeresbodenkies und Felsformationen wirksam widerstanden werden können. Die Verschleißrate wird auf unter 0,03 $mm^3/N \cdot m$ kontrolliert, wodurch die Lebensdauer der Bohrwerkzeuge verlängert wird.

Mechanische Festigkeit

Die Bruchzähigkeit erreicht 12–16 $MPa \cdot m^{1/2}$, wodurch die strukturelle Integrität unter hohem Druck (20–50 MPa), hoher Zentrifugalkraft (Tausende von g) und Vibrationsbedingungen in der Tiefsee gewährleistet wird. Die Zugfestigkeit übersteigt 700 MPa bei 800 °C, wodurch thermisches Kriechen und Ermüdungsbrüche verhindert werden.

Anti-Biofouling

Eine Oberflächenbehandlung (wie etwa Polieren auf Ra < 0,2 μm) in Kombination mit einer antibakteriellen Beschichtung (wie etwa einer TiAlN- oder Ag-dotierten Beschichtung) kann die Anhaftung von Meeresorganismen (wie etwa Seepocken und Algen) wirksam verhindern, die

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

Wartungshäufigkeit verringern und die Bohrleistung verbessern.

Leistung bei niedrigen Temperaturen

In der Tiefseeumgebung mit niedrigen Temperaturen von -10 °C bis 4 °C behält es eine gute Zähigkeit und Beständigkeit gegen Sprödbruch und eignet sich für Bohrungen in polaren Gewässern.

2. Werkstoffe und Güten

Korrosionsbeständiges Hartmetall wurde entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen der Offshore-Bohrung in verschiedenen Qualitäten entwickelt. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1900–2100, Bruchzähigkeit 14–16 MPa·m¹ / ², geeignet für Flachwasserbohrungen (0–500 m), beständig gegen schwach korrosive Medien wie Süßwasser und niedrig konzentriertes Salzwasser (<1 % NaCl), Korrosionsrate <0,02 mm/Jahr.

YT15A

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1900, hohe Temperaturbeständigkeit bis 800 °C, geeignet für Bohrungen in mitteltiefem Wasser (500–2000 m), beständig gegen mittlere bis starke Korrosion wie z. B. salzhaltiges Meerwasser (3,5 % NaCl), Korrosionsrate <0,015 mm/Jahr.

YW1A

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1800–2000, hohe Beständigkeit gegen Tiefseekorrosion (2000–5000 m), hervorragende Beständigkeit gegen Chloride, Schwefelwasserstoff und biologische Adhäsion, Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr, Temperaturbeständigkeit bis 950 °C.

3. Anwendung

Korrosionsbeständige Hartmetall-Offshore-Bohrwerkzeuge spielen in verschiedenen Bereichen der Offshore-Technik eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach Umgebungsbedingungen und Betriebsanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Tiefsee-Öl- und Gasförderung

Anwendbar auf Ultratiefsee-Bohrplattformen mit einer Wassertiefe von 2000–5000 m, wie etwa im Golf von Mexiko, auf Ölfeldern in der Nordsee und im Südchinesischen Meer, die durch das Meeresbodengestein bohren müssen, um Rohöl und Erdgas zu fördern. Angesichts des hohen Drucks (20–50 MPa), des stark salzhaltigen Meerwassers und der Schwefelwasserstoffkonzentration (H_2S) müssen die Bohrwerkzeuge eine hohe Korrosionsbeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Dauerfestigkeit aufweisen und den niedrigen Temperaturen der Tiefsee (0–4 °C) standhalten.

Typische Produkte: PDC-Bohrer (polykristalline Diamant-Verbundbohrer) und Rollenbohrer der Marke YW1A mit einer Druckfestigkeit von 50 MPa, geeignet für Bohrungen in Hartgesteinsformationen sowie schwefelhaltigen Öl- und Gasfeldern. Ihre Hauptvorteile sind: hohe Verschleißfestigkeit zur Verlängerung der Lebensdauer des Bohrers, Beständigkeit gegen H_2S-

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

Korrosion zur Reduzierung von Sicherheitsrisiken und interne Kühlung zur Reduzierung der Auswirkungen hoher Temperaturen.

Marine geologische Erkundung

Wird zum Bohren von Meeresbodensedimenten, Gesteinskernen und geothermischen Ressourcen verwendet, beispielsweise für geologische Untersuchungen unter der antarktischen Eisdecke und zur Erkundung hydrothermaler Quellen auf dem Boden des Pazifischen Ozeans.

Es muss mit dem Wechsel von weichen Sedimenten und harten Gesteinsformationen zurechtkommen, Biofouling widerstehen, um die Bohrleistung aufrechtzuerhalten, und niedrigen Temperaturen bis zu -10 °C standhalten.

Typische Produkte: Bohrstrangstabilisatoren und Kernbohrer der Güteklasse YT15A, temperaturbeständig bis 800 °C und resistent gegen Biofilmbildung.

Vorteile: Die hohe Zähigkeit gewährleistet die Stabilität von Bohrwerkzeugen in komplexen Formationen und die antibakterielle Beschichtung auf der Oberfläche reduziert die Wartungshäufigkeit, sodass sie für polare Umgebungen geeignet sind.

Unterwassertechnik

Wird beim Verlegen von Unterwasserpipelines, dem Bau von Plattforminfrastrukturen und der Installation von Unterwasserkabeln eingesetzt, beispielsweise bei der Erschließung von Tiefsee-Öl- und Gasfeldern im Südchinesischen Meer. Das langfristige Eintauchen in Meerwasser (Wassertiefe 500–3000 m) erfordert Beständigkeit gegen Meerwasserkorrosion, Ermüdungsbelastung und biologische Anhaftung.

Typische Produkte: Verbindungsstücke (Flansche, Schrauben) und Ventilkomponenten in den Güten YG6A und YW1A mit einer Druckfestigkeit von 40 MPa.

Vorteile: Hochfeste Verbindungselemente gewährleisten strukturelle Stabilität, Korrosionsschutzbeschichtungen verlängern die Lebensdauer und die Haltbarkeit ist für langfristige Unterwassereinsätze geeignet.

Spezialanwendungen

Tiefseebergbau

Beispielsweise erfordert der Abbau polymetallischer Knollen und Sulfide das Durchbohren von Meeresbodenablagerungen und die Auseinandersetzung mit Korrosion durch hohe Konzentrationen von Metallionen.

Umweltüberwachung

Installieren Sie Bohrwerkzeuge, um Daten vom Meeresboden (wie Temperatur und Druck) zu sammeln, und legen Sie dabei Wert auf Haltbarkeit und Datengenauigkeit.

4. Herstellungsprozess

Der Herstellungsprozess korrosionsbeständiger Hartmetall-Offshore-Bohrwerkzeuge kombiniert fortschrittliche Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um ihre Leistung in extremen Umgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie den detaillierten Prozessablauf

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

und die technischen Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischung

hochreine Wolframcarbid- (WC) und Kobaltpulver (Co) ausgewählt und mit korrosionsbeständigen Elementen (wie Cr, Mo) und Härtern (wie TiC , TaC) versetzt. Die Mischung wird 24–48 Stunden in einer Kugelmühle vermengt, um eine gleichmäßige Verteilung zu gewährleisten. Die Partikelgröße wird auf 0,5–2 μm kontrolliert , der Verunreinigungsgehalt liegt unter 0,1 %.

Additive Optimierung

Eine kleine Menge an Seltenerdelementen (wie Ce und La) wird hinzugefügt, um die Körner zu verfeinern und die Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit zu verbessern; zur Verbesserung der Dichte werden nanoskalige Karbidpartikel hinzugefügt.

Formprozess

Drücken

Das Pulver wird mittels kaltisostatischer Presstechnologie (CIP) bei einem Druck von 200–300 MPa zu Rohlingen gepresst, wobei die Formdichte 60–70 % der theoretischen Dichte beträgt.

Heißisostatisches Pressen (HIP)

Durch eine Wärmebehandlung bei 1300–1500 °C und 100–200 MPa werden Poren weiter beseitigt, die Dichte auf über 98 % erhöht und die Druckfestigkeit verbessert.

Komplexe Strukturformung

Bei Bohrern und Ventilkomponenten werden im Spritzgussverfahren oder im 3D-Druckverfahren (Selective Laser Melting SLM) interne Kühlkanäle oder komplexe Geometrien mit einer Genauigkeit von ± 0,05 mm hergestellt.

Sinterprozess

Vakuumsintern

Das Sintern bei 1400–1600 °C für 1–2 Stunden in einem Vakuumofen fördert die Bindung der WC-Partikel, entfernt Gasverunreinigungen und verhindert Oxidation.

Flüssigphasensintern

Co schmilzt zu einer flüssigen Phase, füllt die Poren und erhöht die Materialfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die Sinterzeit wird präzise gesteuert, um eine übermäßige Korngröße zu vermeiden.

Nachbearbeitung

Durch Plasmareinigung wird die Oxidschicht auf der Oberfläche entfernt, um die Haftung nachfolgender Beschichtungen sicherzustellen. Einige Produkte werden einer Niedertemperaturglühung unterzogen, um Restspannungen abzubauen.

Oberflächenbehandlung

Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD)

Tragen Sie eine TiN- oder CrN -Beschichtung mit einer Dicke von 5–20 μm auf , um die Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit gegenüber Meerwasser zu verbessern. Sie ist

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

besonders für die H_2S-resistente Tiefseeumgebung geeignet .

Chemische Gasphasenabscheidung (CVD)

Bei Verwendung einer TiAlN- oder Al_2O_3 -Beschichtung erreicht die Temperaturbeständigkeit 1000 °C, was für Hochtemperaturbohrungen in der Tiefsee oder in hydrothermalen Umgebungen geeignet ist.

Polieren

Mechanisches oder elektrochemisches Polieren auf Ra < 0,2 µm kann die Bioanhaftung und Oberflächenrauheit verringern und antimikrobielle Beschichtungen (wie z. B. Ag-dotierte) können kombiniert werden, um das Wachstum von Meeresorganismen weiter zu hemmen.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung

Auf einer fünfachsigen CNC-Werkzeugmaschine werden Bohrerschneiden, Ventildichtflächen und Anschlussgewinde mit einer Genauigkeit von ±0,02 mm bearbeitet.

Funkenerosion (EDM)

Wird für komplexe innere Hohlräume und Mikroporen (wie Kühlkanäle) verwendet, um Wärmeeinflusszonen zu reduzieren, mit einer Oberflächenrauheit von bis zu Ra 0,1 µm .

Laserbearbeitung

Es unterstützt die Endbearbeitung, verbessert die Oberflächenqualität und geometrische Genauigkeit und eignet sich besonders für die Mikrostruktur von Bohrwerkzeugen für die Tiefsee.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: Gemäß GB/T 16599, 10 kg Last, Genauigkeit ±30 HV, stellt sicher, dass die Härte dem Standard entspricht und gleichmäßig ist.

Korrosionstest: Eintauchen in eine 80 °C heiße, 3,5 %ige NaCl-Lösung für 2.000 Stunden, um die Meerwasserumgebung zu simulieren und Massenverlust und Oberflächenveränderungen zu bewerten.

Druckprüfung: Wenden Sie gemäß API 6A-Standard den 1,5-fachen Auslegungsdruck (maximal 75 MPa) an, um Leckagen, Verformungen und strukturelle Integrität festzustellen.

Ermüdungsprüfung: Simulieren Sie Druckzyklen von 0–30 MPa, $>10^5$ Zyklen, bewerten Sie Risswachstum und Ermüdungslebensdauer.

5. Leistungsindikatoren

Korrosionsbeständigkeit

In einer 80 °C heißen 3,5 %igen NaCl-Lösung beträgt die Korrosionsrate <0,02 mm/Jahr; bei einem Gehalt von 100 ppm H_2 S bleibt die Korrosionsbeständigkeit über 90 %.

Verschleißfestigkeit

Die Verschleißrate liegt unter 0,03 $mm^3/N \cdot m$, wodurch der Erosion von Meeresbodenkies und Felsformationen widerstanden werden kann.

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

Mechanische Festigkeit

Zugfestigkeit >700 MPa bei 800°C, thermisch kriechbeständig; Bruchzähigkeit 12-16 MPa·m$^{1/2}$.

Ermüdungsleben

Bei einem Druckzyklus von 0–30 MPa beträgt die Lebensdauer mehr als das 10^5-fache und ist an Vibrationsbelastungen in der Tiefsee angepasst.

Versiegelung

Erfüllt den API 6A-Standard, Leckrate <0,01 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel

Erhöhen Sie den Cr- und Mo-Gehalt, um die Beständigkeit gegen Lochfraß und Chloridkorrosion zu verbessern; entwickeln Sie Hochentropielegierungen (wie CoCrFeNiMo), um die Gesamtleistung zu verbessern.

Beschichtungstechnologie

eine Mehrschichtbeschichtung (z. B. Ni-Cr + TiN) verwendet, deren Dicke individuell auf 5–20 μm eingestellt werden kann .

Wärmebehandlung

Der Prozess der festen Lösung und Alterung optimiert die Korrosionsbeständigkeit an den Korngrenzen sowie die mechanische Festigkeit und verringert die Restspannung.

Oberflächenbehandlung

Polieren auf Ra < 0,2 μm , um biologische Anhaftungen zu reduzieren; Einbringen einer Nanobeschichtung oder antibakteriellen Beschichtung (Ag-dotiert) zur Verbesserung der Haltbarkeit.

Prozessinnovation

3D-Druck (SLM) ermöglicht die individuelle Anpassung komplexer Strukturen und KI optimiert Sinterparameter und Beschichtungsdicke, wodurch der Energieverbrauch gesenkt und die Effizienz verbessert wird.

Korrosionsbeständige Hartmetall-Bohrwerkzeuge für den Meeresbereich haben durch fortschrittliche Fertigungsverfahren und gezielte Anwendungsdesigns die Effizienz, Sicherheit und Lebensdauer von Tiefseebohrungen deutlich verbessert. Mit der zunehmenden Erschließung mariner Ressourcen, insbesondere der Entwicklung hin zu ultratiefen Gewässern (> 5000 m) und umweltfreundlicher Meerestechnik, wird die Optimierung von Hartmetall (z. B. durch Nanobeschichtung, Verbundwerkstoffe und intelligente Fertigung) den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

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

Die CTIA GROUP LTD blickt auf eine 30-jährige Geschichte in der Hartmetallherstellung zurück und hat eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert , die den hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen gerecht werden. Benötigen Sie korrosionsbeständige Hartmetall- Bohrwerkzeuge für den Schiffsbau? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com

Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Kurze Einführung in korrosionsbeständige Hartmetall-Säurereaktorteile

Korrosionsbeständige Hartmetallkomponenten für Säurereaktoren sind korrosionsbeständige Hochleistungskomponenten für die chemische, petrochemische und pharmazeutische Industrie. Sie werden häufig in Reaktorsystemen eingesetzt, die mit starken Säuren (wie Schwefelsäure H_2SO_4 , Salzsäure HCl), Hochtemperaturmedien und hochkorrosiven Gasen umgehen. Diese Komponenten basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid WC und Kobalt Co). Durch Optimierung der Legierungszusammensetzung, Oberflächenhärtungstechnologie und Präzisionsfertigungsverfahren werden Korrosionsbeständigkeit, Verschleißfestigkeit und mechanische Festigkeit gegenüber starken Säuren deutlich verbessert. In der Umgebung von Säurereaktoren herrschen hohe Temperaturen (500–1.000 °C), hoher Druck (10–30 MPa) und hochkorrosive Medien (wie konzentrierte Säure und chlorhaltige Verbindungen). Herkömmliche Materialien wie Edelstahl oder Titanlegierungen lassen sich nur schwer über längere Zeit stabil betreiben, sodass korrosionsbeständiges Hartmetall die ideale Wahl ist. In diesem Artikel werden die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail erörtert, um die technischen Vorteile in sauren Umgebungen aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Korrosionsbeständigkeit

Durch Zugabe säurebeständiger Elemente wie Chrom (Cr), Molybdän (Mo) und Nickel (Ni) und Aufbringen von TiN- , CrN- oder TiAlN- Beschichtungen weist korrosionsbeständiges Hartmetall eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit in konzentrierter Schwefelsäure (98 % H_2SO_4) , Salzsäure (37 % HCl) und chloridhaltigen Umgebungen auf, mit einer Korrosionsrate von nur 0,005–0,01 mm/Jahr, was viel besser ist als bei Edelstahl (0,05–0,1 mm/Jahr).

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt bei HV 1800–2400, wodurch Partikelverschleiß und Erosion beständig sind, und die Verschleißrate wird auf unter 0,02 $mm^3/N·m$ kontrolliert, was für saure Hochgeschwindigkeitsmedien geeignet ist.

Mechanische Festigkeit

Die Bruchzähigkeit erreicht 10-15 $MPa·m^{1/2}$, wodurch die strukturelle Integrität unter hohem Druck und Thermoschock gewährleistet wird, und die Zugfestigkeit übersteigt 600 MPa bei 800 °C.

Hohe Temperaturstabilität

Es behält seine stabile Leistung in einer sauren Umgebung mit hohen Temperaturen von 500–1000 °C bei und weist eine hohe Beständigkeit gegen thermisches Kriechen und Oxidation auf.

Chemische Beständigkeit

Bei stark oxidierenden Säuren (wie Salpetersäure HNO_3) und reduzierenden Säuren (wie Flusssäure HF) können Lochfraß und Flächenkorrosion durch Legierungsoptimierung und Beschichtungsdesign reduziert werden.

2. Werkstoffe und Güten

Korrosionsbeständiges Hartmetall wurde entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen von

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

Säurereaktoren in verschiedenen Qualitäten entwickelt. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1900–2100, Bruchzähigkeit 14–16 MPa·m¹ / ², geeignet für mittel- und niedrig konzentrierte Säureumgebungen (<30 % H_2 SO_4) , Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr, Temperaturbeständigkeit 600 °C.

YT15A

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1900, hohe Temperaturbeständigkeit bis 800 °C, geeignet für Säure mittlerer Konzentration (z. B. 50 % HCl), Korrosionsrate <0,008 mm/Jahr, starke Oxidationsbeständigkeit.

YW1A

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1800–2000, hohe Temperaturbeständigkeit bis 950 °C, geeignet für Umgebungen mit hoher Säurekonzentration und Chloriden, Korrosionsrate <0,005 mm/Jahr, ausgezeichnete Beständigkeit gegen starke Säureerosion.

3. Bewerbungsdetails

Korrosionsbeständige Hartmetall-Reaktorkomponenten spielen in verschiedenen Industriebereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Einsatzmöglichkeiten variieren je nach Medienbedingungen und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Schwefelsäureproduktion

Beim Kontaktschwefelsäureverfahren ist das Medium 98% H_2SO_4 , die Temperatur beträgt 500-700 °C.

Anforderungen: Muss starker oxidierender Säurekorrosion und Hochgeschwindigkeitspartikelerosion standhalten und einem Druck von 20 MPa standhalten.

Typische Produkte: Auskleidungsplatten und Düsen, Güteklasse YW1A, Korrosionsbeständigkeit <0,005 mm/Jahr.

Vorteile: Hohe Härte reduziert den Verschleiß, Beschichtung erhöht die Beständigkeit gegen Säuredurchdringung.

Chlor-Alkali-Industrie

Ventile und Dichtungen für Elektrolyseure und Reaktoren zur Handhabung von 37 % HCl und Chlor (Cl_2) bei 50-200 °C.

Anforderungen: Muss Chloridkorrosion und Hochtemperaturoxidation widerstehen und einem Druck von 10–15 MPa standhalten.

Typische Produkte: Ventilkomponenten und Dichtungsringe, Güteklasse YT15A, Korrosionsbeständigkeit <0,008 mm/Jahr.

Vorteile: Anti-Chloroxidation, verlängerte Lebensdauer.

Pharmazeutika und Feinchemikalien

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

Wird auf Rührblätter und Wärmetauscherrohre in Synthesereaktoren angewendet, bei denen Flusssäure (HF) oder gemischte Säuren verarbeitet werden, Temperatur 100–300 °C.
Anforderungen: Muss starker reduzierender Säurekorrosion und hochpräziser Verarbeitung standhalten und einem Druck von 15 MPa standhalten.
Typische Produkte: Rührflügel und Rohrverbindungen, Güteklasse YG6A, Korrosionsbeständigkeit <0,01 mm/Jahr.
Vorteile: Hohe Zähigkeit zur Anpassung an komplexe Bewegungen, Oberflächenpolitur zur Reduzierung von Rückständen.

Spezialanwendungen
Abfallsäurebehandlung: Um hochkonzentrierte Abfallsäure zu behandeln, ist es notwendig, der Mischkorrosion mehrerer Säuren standzuhalten.
Katalytische Reaktion: Träger des Katalysators, er muss temperaturbeständig und chemisch stabil sein.
Herausforderung: Umgebungen mit ultrahohen Temperaturen (> 1000 °C) oder ultrakonzentrierter Säure (> 98 %) stellen höhere Anforderungen an die Materialleistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses
Der Herstellungsprozess korrosionsbeständiger Hartmetall-Säurereaktorteile kombiniert fortschrittliche Materialwissenschaft und Präzisionsbearbeitungstechnologie, um die Leistung in stark säurehaltigen Umgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Prozessabläufe und technische Punkte:

Rohstoffaufbereitung
Pulvermischen: Verwenden Sie hochreines Wolframcarbid (WC) und Kobalt (Co)-Pulver und fügen Sie säurebeständige Elemente (wie Cr, Mo, Ni) und Härter (wie TiC , TaC) hinzu. Mischen Sie 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle. Kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm und halten Sie den Verunreinigungsgehalt unter 0,1 %.
Additive Optimierung: Seltenerdelemente (wie Ce und La) werden hinzugefügt, um die Körner zu verfeinern, und Nanokarbide werden hinzugefügt, um die Dichte und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Formprozess
Pressen: Mittels der Kaltisostatischen Presstechnologie (CIP) wird das Pulver mit einem Druck von 200–300 MPa und einer Formdichte von 60–70 % der theoretischen Dichte zu Rohlingen gepresst.
Heißisostatisches Pressen (HIP): Durch Wärmebehandlung bei 1300–1500 °C und 100–200 MPa werden Poren beseitigt, die Dichte auf über 98 % erhöht und die Beständigkeit gegen Druck und Säuredurchdringung verbessert.
Formen komplexer Strukturen: Für Laufräder und Wärmetauscherrohre wird Spritzguss oder 3D-Druck (Selective Laser Melting SLM) eingesetzt, um komplexe Geometrien mit einer Genauigkeit von ± 0,05 mm herzustellen.

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

Sinterprozess

Vakuumsintern: Das Sintern bei 1400–1600 °C in einem Vakuumofen für 1–2 Stunden fördert die Bindung der WC-Partikel, entfernt Gasverunreinigungen und verhindert Oxidation.

Flüssigphasensintern: Co wird geschmolzen, um eine flüssige Phase zu bilden, die die Poren füllt und so die Materialfestigkeit und Säurebeständigkeit verbessert. Die Sinterzeit wird präzise gesteuert, um die Korngröße zu optimieren.

Nachbearbeitung: Durch Plasmareinigung wird die Oxidschicht auf der Oberfläche entfernt und einige Produkte werden einer Niedertemperaturglühung unterzogen, um Restspannungen abzubauen.

Oberflächenbehandlung

Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD): Tragen Sie eine TiN- oder CrN- Beschichtung mit einer Dicke von 5–15 μm auf , um die Säurekorrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit zu verbessern.

Chemische Gasphasenabscheidung (CVD): Verwendung einer TiAlN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, Temperaturbeständigkeit bis 1000 °C, geeignet für saure Umgebungen mit hohen Temperaturen.

Polieren: Mechanisches oder elektrochemisches Polieren auf Ra < 0,2 μm , um die Haftung saurer Medien und die Oberflächenrauheit zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Durch den Einsatz von fünfachsigen CNC-Werkzeugmaschinen wird die Genauigkeit bei der Bearbeitung von Ventildichtflächen, Laufradschaufeln und Rohrinnenwänden auf ±0,02 mm kontrolliert.

Elektrofunkenbearbeitung (EDM): Wird für komplexe innere Hohlräume und Mikrolöcher verwendet, reduziert wärmebeeinflusste Zonen und ermöglicht eine Oberflächenrauheit von Ra 0,1 μm .

Laserbearbeitung: Unterstützt die Endbearbeitung, verbessert die Oberflächenqualität und geometrische Genauigkeit, besonders geeignet für hochpräzise Teile.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: Gemäß GB/T 16599, 10 kg Last, Genauigkeit ±30 HV, gewährleistet gleichmäßige Härte.

Korrosionsprüfung: Eintauchen in 98 % H_2SO_4 oder 37 % HCl-Lösung bei 80 °C für 1000 Stunden, um Massenverlust und Oberflächenveränderungen zu bewerten.

Druckprüfung: Wenden Sie gemäß der Norm ASME B16.34 den 1,5-fachen Auslegungsdruck (bis zu 45 MPa) an, um Leckagen und Verformungen zu erkennen.

Ermüdungsprüfung: Simulieren Sie Druckzyklen von 0–20 MPa, $>10^5$ Zyklen, bewerten Sie das Risswachstum.

5. Leistungsindikatoren

Korrosionsbeständigkeit: Bei 80 °C beträgt in 98 % H_2SO_4 die Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr; bei 10 % HCl-Gehalt bleibt die Korrosionsbeständigkeit über 95 %.

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

Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,02 $mm^3/N·m$, beständig gegen Erosion durch saure Partikel mit hoher Geschwindigkeit.
Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit >600 MPa bei 800°C, Bruchzähigkeit 10-15 $MPa·m^{1/2}$.
^{5}-mal im 0-20 MPa-Druckzyklus, anpassbar an Thermoschock und mechanische Belastungen.
Abdichtung: Erfüllt den API 598-Standard, Leckrate <0,01 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Gehalt an Cr, Mo und Ni, um die Beständigkeit gegen Lochkorrosion, gleichmäßige Korrosion und oxidierende Säure zu verbessern; entwickeln Sie Legierungen mit hoher Entropie (wie CoCrFeNiMo), um die Gesamtleistung zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschichtbeschichtungen (z. B. Ni-Cr + TiN) verbessern die Säurekorrosionsbeständigkeit und die Hochtemperaturbeständigkeit. Die Dicke kann individuell auf 5–15 µm eingestellt werden .
Wärmebehandlung: Lösungsglühen + Alterungsprozess, Optimierung der Korngrenzenkorrosionsbeständigkeit und mechanischen Festigkeit sowie Reduzierung der Restspannung.
Oberflächenbehandlung: Polieren auf Ra < 0,2 µm , um die Haftung saurer Medien zu verringern; Einbringen einer Nanobeschichtung oder Korrosionsschutzbeschichtung zur Verbesserung der Haltbarkeit.
Prozessinnovation: 3D-Druck (SLM) ermöglicht die individuelle Anpassung komplexer Strukturen und KI optimiert Sinterparameter und Beschichtungsdicke, wodurch der Energieverbrauch gesenkt und die Effizienz verbessert wird.

Korrosionsbeständige Hartmetall-Säurereaktorkomponenten weisen dank fortschrittlicher Fertigungsverfahren und gezielter Anwendungsgestaltung eine deutlich verbesserte Stabilität und Haltbarkeit in sauren Umgebungen auf. Da die chemische Industrie zunehmend auf hochkonzentrierte Säuren und Hochtemperaturprozesse setzt, wird die Optimierung von Hartmetall (z. B. durch Nanobeschichtungen, Verbundwerkstoffe und intelligente Fertigung) den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

Die CTIA GROUP LTD. verfügt über 30 Jahre Erfahrung in der Hartmetallherstellung und hat eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert . Damit erfüllen wir die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Benötigen Sie korrosionsbeständige Hartmetallteile für Säurereaktoren ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

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

Korrosionsbeständige Hartmetall-Chemiepumpe

Die korrosionsbeständige Hartmetall-Chemiepumpe ist eine Pumpenanlage zur Förderung korrosiver chemischer Medien. Ihre Hauptkomponenten bestehen aus korrosionsbeständigen Hartmetallwerkstoffen (wie Wolframkarbid-Legierungen oder Legierungen mit Tantal und Titan), um einen langfristig stabilen Betrieb in rauen Umgebungen mit starken Säuren, starken Basen, hohen Temperaturen oder Partikeln zu gewährleisten. Nachfolgend finden Sie eine detaillierte Beschreibung basierend auf dem Format der korrosionsbeständigen Hartmetall-Säurereaktorteile, ergänzt und verbessert.

1. Technische Eigenschaften

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe säurebeständiger Elemente wie Chrom (Cr), Molybdän (Mo) und Nickel (Ni) und das Aufbringen von TiN- , CrN- oder TiAlN- Beschichtungen weisen korrosionsbeständige Chemiepumpen aus Hartmetall eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit in konzentrierter Schwefelsäure (98 % H_2SO_4) , Salzsäure (37 % HCl) und chloridhaltigen Umgebungen auf, mit einer Korrosionsrate von nur 0,005–0,01 mm/Jahr, was viel besser ist als bei Edelstahl (0,05–0,1 mm/Jahr).

Durch Legierungsoptimierung und Beschichtungsdesign können Lochfraß und Flächenkorrosion bei stark oxidierenden Säuren (wie Salpetersäure HNO_3) und reduzierenden Säuren (wie Flusssäure HF) reduziert werden.

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt bei HV 1800–2400, wodurch Partikelverschleiß und Erosion beständig sind, und die Verschleißrate wird auf unter 0,02 $mm^3/N·m$ kontrolliert, was für saure Hochgeschwindigkeitsmedien geeignet ist.

Mechanische Festigkeit

Die Bruchzähigkeit erreicht 10-15 $MPa·m^{1/2}$, wodurch die strukturelle Integrität unter hohem Druck und Thermoschock gewährleistet wird, und die Zugfestigkeit übersteigt 600 MPa bei 800 °C.

Hohe Temperaturstabilität

Stabil in sauren Umgebungen mit hohen Temperaturen von 100–300 °C (je nach Legierung und Design), mit hoher Beständigkeit gegen thermisches Kriechen und Oxidation.

Chemische Beständigkeit

Durch Optimierung der Legierungszusammensetzung und Beschichtung wird die Beständigkeit gegenüber starken oxidierenden und reduzierenden Säuren erhöht und lokale und gleichmäßige Korrosion verringert.

2. Werkstoffe und Güten

Korrosionsbeständige Hartmetall-Chemiepumpen gibt es in verschiedenen Ausführungen, die den unterschiedlichen Anforderungen chemischer Prozesse gerecht werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6

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

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1900-2100, Bruchzähigkeit 14-16 MPa·m¹ / ², geeignet für mittel- und niedrig konzentrierte Säureumgebungen (<30 % H_2 SO_4) , Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr, Temperaturbeständigkeit 600 °C.

YT15A

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1900, hohe Temperaturbeständigkeit bis 800 °C, geeignet für Säure mittlerer Konzentration (z. B. 50 % HCl), Korrosionsrate <0,008 mm/Jahr, starke Oxidationsbeständigkeit.

YW1A

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1800–2000, hohe Temperaturbeständigkeit bis 950 °C, geeignet für Umgebungen mit hoher Säurekonzentration und Chloriden, Korrosionsrate <0,005 mm/Jahr, ausgezeichnete Beständigkeit gegen starke Säureerosion.

Zusatzmaterial

Dichtungen: Aus Siliziumkarbid (SiC), Siliziumnitrid (Si_3N_4) oder Fluorkunststoffen (z. B. PTFE, F46), beständig gegen chemische Korrosion.

Pumpenkörper: Auskleidung aus Edelstahl (304, 316) oder Fluorkunststoff, kombiniert mit Hartmetallkomponenten.

Laufrad: Hartmetall- oder Keramikbeschichtung zur Gewährleistung von Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit.

3. Anwendungsdetails

Korrosionsbeständige Hartmetall-Chemiepumpen spielen in verschiedenen Industriebereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Einsatzmöglichkeiten variieren je nach Medienbedingungen und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Schwefelsäureproduktion

Szenario: Pumpsystem für Kontaktschwefelsäureprozess, Handhabung von 98 % H_2SO_4 , Temperatur 500–700 °C, Druck 20 MPa.

Anforderungen: Beständig gegen starke oxidierende Säurekorrosion und Partikelerosion mit hoher Geschwindigkeit.

Typische Produkte: Pumpengehäuse und Laufrad, Güteklasse YW1A, Korrosionsrate <0,005 mm/Jahr.

Vorteile: Hohe Härte reduziert den Verschleiß, Beschichtung erhöht die Beständigkeit gegen Säuredurchdringung.

Chlor-Alkali-Industrie

Anwendung: Pumpsysteme für Elektrolyseure und Reaktoren zur Förderung von 37 % HCl und Chlor (Cl_2) bei Temperaturen von 50–200 °C und Drücken von 10–15 MPa.

Anforderungen: Beständigkeit gegen Chloridkorrosion und Hochtemperaturoxidation.

Typische Produkte: Ventilkomponenten und Dichtungen, Güteklasse YT15A, Korrosionsrate

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

<0,008 mm/Jahr.
Vorteile: Anti-Chloroxidation, verlängerte Lebensdauer.

Pharmazeutika und Feinchemikalien
Anwendung: Pumpsysteme in Synthesereaktoren, Umgang mit Flusssäure (HF) oder Mischsäuren, Temperaturen 100–300 °C, Drücke 15 MPa.
Anforderungen: Beständigkeit gegen starke reduzierende Säurekorrosion und hochpräzise Verarbeitung.
Typische Produkte: Laufrad- und Pumpenkörperteile, Güteklasse YG6A, Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr.
Vorteile: Hohe Zähigkeit zur Anpassung an komplexe Bewegungen, Oberflächenpolitur zur Reduzierung von Rückständen.

Spezialanwendungen
Abfallsäurebehandlung: Um hochkonzentrierte Abfallsäure zu behandeln, ist es notwendig, der Mischkorrosion mehrerer Säuren standzuhalten.
Katalytische Reaktion: Trägerkatalysator, der temperaturbeständig und chemisch stabil sein muss.
Herausforderung: Umgebungen mit ultrahohen Temperaturen (> 1000 °C) oder ultrakonzentrierter Säure (> 98 %) stellen höhere Anforderungen an die Materialleistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses
Der Herstellungsprozess korrosionsbeständiger Hartmetall-Chemiepumpen kombiniert fortschrittliche Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um ihre Leistung in stark säurehaltigen Umgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Informationen zum Prozessablauf und den technischen Details:
Rohstoffaufbereitung
Pulvermischen: Verwenden Sie hochreines Wolframcarbid (WC) und Kobalt (Co)-Pulver und fügen Sie säurebeständige Elemente (wie Cr, Mo, Ni) und Härter (wie TiC , TaC) hinzu. Mischen Sie 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle. Kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm und den Verunreinigungsgehalt auf weniger als 0,1 %.
Additive Optimierung: Seltenerdelemente (wie Ce und La) werden hinzugefügt, um die Körner zu verfeinern, und Carbide im Nanomaßstab werden hinzugefügt, um die Dichte und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.
Formprozess
Pressen: Bei der Technologie des kaltisostatischen Pressens (CIP) beträgt der Druck 200–300 MPa und die Formdichte erreicht 60–70 % der theoretischen Dichte.
Heißisostatisches Pressen (HIP): Durch die Wärmebehandlung bei 1300–1500 °C und 100–200 MPa werden Poren beseitigt, die Dichte auf über 98 % erhöht und die Beständigkeit gegen Kompression und Säuredurchdringung verbessert.
Komplexe Strukturformung: Für Laufräder und Pumpengehäuse werden komplexe Geometrien mit einer Genauigkeit von ± 0,05 mm im Spritzgussverfahren oder im 3D-Druckverfahren (Selective Laser Melting SLM) hergestellt.

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

Sinterprozess

Vakuumsintern: Sintern bei 1400–1600 °C für 1–2 Stunden in einem Vakuumofen fördert die Bindung der WC-Partikel, entfernt Gasverunreinigungen und verhindert Oxidation.

Flüssigphasensintern: Kobalt schmilzt und bildet eine flüssige Phase, füllt die Poren, verbessert die Materialfestigkeit und Säurebeständigkeit und die Sinterzeit wird präzise gesteuert, um **die Korngröße zu optimieren.**

Nachbehandlung: Durch Plasmareinigung wird die oberflächliche Oxidschicht entfernt und einige Produkte werden einer Niedertemperaturglühung unterzogen, um Restspannungen abzubauen.

Oberflächenbehandlung

Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD): Tragen Sie eine TiN- oder CrN- Beschichtung mit einer Dicke von 5–15 μm auf , um die Säurekorrosions- und Verschleißfestigkeit zu verbessern.

Chemische Gasphasenabscheidung (CVD): Verwendung einer TiAlN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, Temperaturbeständigkeit bis 1000 °C, geeignet für saure Umgebungen mit hohen Temperaturen.

Polieren: Mechanisches oder elektrochemisches Polieren auf Ra < 0,2 μm , um die Haftung saurer Medien und die Oberflächenrauheit zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Ventilsitz, Schaufeln und Innenwand des Pumpenkörpers werden mit einer fünfachsigen CNC-Maschine mit einer Genauigkeit von ±0,02 mm bearbeitet.

Elektrofunkenbearbeitung (EDM): Wird für komplexe Hohlräume und Mikrolöcher verwendet, wodurch die Wärmeeinflusszone reduziert wird und die Oberflächenrauheit Ra 0,1 μm erreichen kann .

Laserbearbeitung: Unterstützt die Endbearbeitung, verbessert die Oberflächenqualität und geometrische Genauigkeit, besonders geeignet für hochpräzise Bauteile.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: Gemäß GB/T 16599, 10 kg Last, Genauigkeit ±30 HV, gewährleistet gleichmäßige Härte.

Korrosionsprüfung: Eintauchen in 98 % H_2SO_4 oder 37 % HCl-Lösung bei 80 °C für 1000 Stunden, um Massenverlust und Oberflächenveränderungen zu bewerten.

Druckprüfung: Wenden Sie gemäß der Norm ASME B16.34 den 1,5-fachen Auslegungsdruck (bis zu 45 MPa) an, um Leckagen und Verformungen zu erkennen.

Ermüdungsprüfung: Simuliert Druckzyklen von 0–20 MPa für $>10^5$ Zyklen, um das Risswachstum zu bewerten.

5. Leistungsindikatoren

Korrosionsbeständigkeit: Bei 80 °C beträgt in 98 % H_2SO_4 die Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr; bei 10 % HCl-Gehalt bleibt die Korrosionsbeständigkeit über 95 %.

Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,02 $mm^3/N \cdot m$, beständig gegen Hochgeschwindigkeitserosion durch saure Partikel.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit >600 MPa bei 800°C, Bruchzähigkeit 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$.

^{5}-mal bei 0-20 MPa Druckzyklen, anpassbar an Thermoschock und mechanische Belastungen.

Abdichtung: Erfüllt den API 598-Standard, Leckrate <0,01 %.

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

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Gehalt an Cr, Mo und Ni, um die Beständigkeit gegen Lochkorrosion, gleichmäßige Korrosion und oxidierende Säure zu verbessern; entwickeln Sie Legierungen mit hoher Entropie (wie CoCrFeNiMo), um die Gesamtleistung zu verbessern.

Beschichtungstechnologie : Mehrschichtbeschichtungen (z. B. Ni-Cr + TiN) verbessern die Beständigkeit gegen Säurekorrosion und hohe Temperaturen. Die Dicke kann individuell auf 5–15 µm eingestellt werden .

Wärmebehandlung: Lösungsglühen + Alterungsprozess zur Optimierung der Korngrenzenkorrosionsbeständigkeit und mechanischen Festigkeit sowie zur Reduzierung der Eigenspannung.

Oberflächenbehandlung: Polieren auf Ra < 0,2 µm , um die Haftung saurer Medien zu verringern; Einbringen einer Nanobeschichtung oder Korrosionsschutzbeschichtung zur Verbesserung der Haltbarkeit.

Prozessinnovation: 3D-Druck (SLM) ermöglicht die individuelle Anpassung komplexer Strukturen und KI optimiert Sinterparameter und Beschichtungsdicke, wodurch der Energieverbrauch gesenkt und die Effizienz verbessert wird.

Korrosionsbeständige Hartmetall-Chemiepumpen sind aufgrund ihrer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Hochtemperaturstabilität in der Chemie-, Umweltschutz- und Bergbauindustrie unverzichtbar. Güten wie YW1A eignen sich aufgrund des enthaltenen TaC besonders für extrem korrosive Umgebungen , während YG6A eher für moderate Bedingungen geeignet ist. Dank fortschrittlicher Fertigungsverfahren und gezielter Anwendungsgestaltung weisen diese Pumpen eine deutlich verbesserte Stabilität und Langlebigkeit in sauren Umgebungen auf. Da die chemische Industrie zunehmend auf hochkonzentrierte Säuren und Hochtemperaturprozesse setzt, werden kontinuierliche Optimierungen (wie Nanobeschichtungen, Verbundwerkstoffe und intelligente Fertigung) den technologischen Fortschritt vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und erfüllt damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Benötigen Sie korrosionsbeständige Hartmetall-Chemiepumpen ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!

Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

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

Korrosionsbeständige Hartmetall-Schiffsventile

Korrosionsbeständige Hartmetall-Schiffsventile sind korrosionsbeständige Hochleistungsventile, die speziell für den Schiffsbau und die Erschließung von Tiefseeressourcen entwickelt wurden. Sie finden breite Anwendung in der Offshore-Öl- und Gasförderung, in Offshore-Pipelinesystemen und im U-Boot-Bau. Diese Ventile basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch optimierte Legierungszusammensetzung, Oberflächenhärtungstechnologie und präzise Fertigungsverfahren wird ihre Beständigkeit gegen Seewasserkorrosion, hohen Druck, Verschleißfestigkeit und biologische Anhaftung deutlich verbessert. Die Meeresumwelt ist mit Wassertiefen von Hunderten bis Tausenden Metern (Drücke bis zu 50 MPa), hohem Salzgehalt (mit 3,5 % NaCl), Schwefelwasserstoff (H_2S) und biologischer Anhaftung verbunden. Herkömmliche Materialien wie Edelstahl oder Titanlegierungen erfüllen die Anforderungen des Langzeiteinsatzes nur schwer, daher ist korrosionsbeständiges Hartmetall die ideale Wahl. Dieser Artikel erläutert seine technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail, um seine technischen Vorteile im Meeresbereich aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe korrosionsbeständiger Elemente wie Chrom (Cr), Molybdän (Mo) und Nickel (Ni) und das Aufbringen von TiN- , CrN- oder TiAlN- Beschichtungen weist korrosionsbeständiges Hartmetall eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit in Meerwasser mit hohem Salzgehalt sowie Chlorid- und Sulfidumgebungen auf, mit einer Korrosionsrate von nur 0,01–0,02 mm/Jahr und einer besseren Beständigkeit gegen H_2S-Korrosion als herkömmliche Materialien.

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt zwischen HV 1800 und 2500, wodurch es der Auswaschung durch Kies am Meeresboden und Partikelverschleiß standhält, und die Verschleißrate wird auf unter 0,03 $mm^3/N \cdot m$ kontrolliert.

Mechanische Festigkeit

Die Bruchzähigkeit erreicht 12–16 $MPa \cdot m^{1/2}$, wodurch die strukturelle Integrität unter hohem Druck (20–50 MPa) und Vibrationsbedingungen gewährleistet wird, und die Zugfestigkeit übersteigt 700 MPa bei 800 °C.

Anti-Biofouling

Eine Oberflächenbehandlung (z. B. Polieren auf Ra < 0,2 μm) in Kombination mit einer antimikrobiellen Beschichtung (z. B. Ag-dotiertes TiN) verhindert wirksam die Anhaftung von Meeresorganismen (z. B. Seepocken, Algen) und reduziert den Wartungsaufwand.

Stabilität bei niedrigen Temperaturen

Es behält seine Zähigkeit und Sprödbruchfestigkeit in Tiefseeumgebungen mit niedrigen

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

Temperaturen von -10 °C bis 4 °C und ist für den Einsatz in polaren Gewässern geeignet.

2. Werkstoffe und Güten

Korrosionsbeständiges Hartmetall wurde entsprechend den Anwendungsanforderungen von Schiffsventilen in verschiedenen Qualitäten entwickelt. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Einführung in verschiedene mögliche geeignete Qualitäten und ihre Eigenschaften, die die Leistungsanforderungen verschiedener Meeresumgebungen abdecken:

YG6

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1900–2100, Bruchzähigkeit 14–16 MPa·m¹ / ², Dichte 14,9 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 80 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1300 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Wird hauptsächlich in Flachwasserumgebungen (0–500 m) oder in schwach korrosiven Medien verwendet, z. B. Ventile in Süßwasser- und Salzwasserbereichen mit geringer Konzentration (<1 % NaCl), z. B. einfache Steuerventile für U-Boot-Plattformen. Geeignet für Betriebsbedingungen mit niedrigem Druck (<20 MPa) sowie mittleren und niedrigen Temperaturen (-10 °C bis 400 °C).

Vorteile: Hohe Zähigkeit und Schlagfestigkeit, Beständigkeit gegenüber schwacher Korrosionsumgebung, relativ niedrige Kosten, geeignet für den Schiffsbau oder unkritische Ventilkomponenten.

Einschränkungen: Die Korrosionsbeständigkeit ist in Tiefseeumgebungen mit hohem Salzgehalt oder H_2S-Gehalt etwas schwach und muss mit einer Beschichtung verwendet werden.

YG8

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1850–2050, Bruchzähigkeit 16–18 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1250 HV, Verschleißrate <0,035 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Ventile in mittleren und flachen Gewässern (0–1000 m), wie z. B. Regelventile in Schiffspipelinesystemen, die mit Meerwasser mit mittlerem Salzgehalt (1–3 % NaCl) umgehen, mit einer Druckbeständigkeit von 20–30 MPa und einer Temperaturbeständigkeit von 500 °C.

Vorteile: Höhere Zähigkeit als YG6A, bessere Schlag- und Ermüdungsbeständigkeit, geeignet für Ventile mit großen dynamischen Belastungen, wie z. B. Absperrklappen oder Schieber.

Einschränkungen: Etwas weniger widerstandsfähig gegen starke Korrosion, erfordert eine PVD-Beschichtung (wie TiN), um die Anpassungsfähigkeit an die Tiefsee zu verbessern.

YT15A

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1900, Bruchzähigkeit 12–14 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,035 mm³/N·m, hohe Oxidationsbeständigkeit.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Ventile in mittleren und tiefen Wasserumgebungen (500–2000 m), wie z. B. Rückschlagventile und Kugelhähne für Unterwasser-Ölpipelines, die Meerwasser mit

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

hohem Salzgehalt (3,5 % NaCl) handhaben, mit einer Druckbeständigkeit von 30–40 MPa und einer Temperaturbeständigkeit von 800 °C.

Vorteile: Hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit, geeignet zur Behandlung von sauerstoffhaltigem oder heißem Meerwasser, gute Beständigkeit gegen Adhäsion und Verschleiß.

Zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit in extrem tiefem Wasser oder H_2S-haltigen Umgebungen sind zusätzliche Beschichtungen (wie beispielsweise TiAlN) erforderlich.

YT30

Zusammensetzung: WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1600–1800, Bruchzähigkeit 14–16 $MPa \cdot m^{1/2}$, Dichte 11,2 g/ cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,04 $mm^3/N \cdot m$.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Ventile in mittlerem und tiefem Wasser (1000–2500 m), wie z. B. Regelventile in Unterwasser-Produktionssystemen, beständig gegen mäßige Korrosion und hohe Temperaturen (600–900 °C) und mit einer Druckbeständigkeit von 35 MPa.

Vorteile: Höhere Zähigkeit und Hitzebeständigkeit, geeignet für intermittierende Arbeitsbedingungen mit hohen Temperaturen, starke Verschleißfestigkeit.

Einschränkungen: Geringe Härte, erfordert eine Beschichtung zur Verbesserung der Beständigkeit gegen Tiefseekorrosion.

YW1A

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1800–2000, Bruchzähigkeit 13–15 $MPa \cdot m^{1/2}$, Dichte 12,8 g/ cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1250 HV, Verschleißrate <0,032 $mm^3/N \cdot m$, Korrosionsbeständigkeit <0,01 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Ventile, die für hochkorrosive Tiefseeumgebungen (2000–5000 m) geeignet sind, wie Kugelhähne und Absperrschieber für Tiefseebohrplattformen, mit einer Druckbeständigkeit von 50 MPa, einer Temperaturbeständigkeit von 950 °C und Beständigkeit gegen Chloride und H_2 S.

Vorteile: Hervorragende Gesamtleistung, hohe Korrosions- und biologische Haftungsbeständigkeit, geeignet für extreme Meeresbedingungen.

Einschränkungen: Hohe Herstellungskosten, erfordert Präzisionsbearbeitung, um die Abdichtung zu gewährleisten.

YW2

Zusammensetzung: WC 75 %, TiC 12 %, TaC 3 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1750–1950, Bruchzähigkeit 14–16 $MPa \cdot m^{1/2}$, Dichte 12,6 g/ cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,03 $mm^3/N \cdot m$, Korrosionsbeständigkeit <0,012 mm/Jahr.

Anwendbare Szenarien: Geeignet für Tiefwasserventile (1500–4000 m), wie z. B. Not-Absperrventile für U-Boot-Pipelines, mit einer Druckbeständigkeit von 40–45 MPa und einer Temperaturbeständigkeit von 900 °C.

Vorteile: Ausgewogene Härte und Zähigkeit, beständig gegen Oxidation und Korrosion bei hohen Temperaturen, geeignet für komplexe Flüssigkeitskontrolle.

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

Einschränkung: Bei ultrahohem Druck (> 50 MPa) ist eine zusätzliche Verstärkung erforderlich.
YG20C
Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%
Eigenschaften: Härte HV 1650–1850, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 70 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m, Korrosionsbeständigkeit <0,015 mm/Jahr.
Anwendungsszenarien: Geeignet für Hochleistungsventile in flachem bis mitteltiefem Wasser (0–2000 m), wie z. B. Stützventile für U-Boot-Plattformen, mit einer Druckbeständigkeit von 30 MPa und einer Temperaturbeständigkeit von 700 °C.
Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, starke Schlag- und Ermüdungsbeständigkeit, geeignet für Umgebungen mit dynamischer Belastung.
Einschränkungen: Mäßige Korrosionsbeständigkeit, für den Einsatz in Tiefseeumgebungen ist eine Beschichtung erforderlich.

3. Anwendung

Korrosionsbeständige Hartmetall-Schiffsventile spielen in verschiedenen Bereichen der Schiffstechnik eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach Umgebungsbedingungen und Betriebsanforderungen. Nachfolgend finden Sie eine detaillierte Analyse:

Offshore-Öl- und Gasförderung

Anwendung: Wird auf Ultratiefsee-Bohrplattformen und Unterwasser-Produktionssystemen in Wassertiefen von 2000–5000 m, wie etwa im Golf von Mexiko und in den Ölfeldern der Nordsee, zur Kontrolle H_2S-haltiger und salzreicher Medien eingesetzt.
Anforderungen: Muss hohem Druck (20–50 MPa), korrosivem Meerwasser und Schwefelwasserstoff sowie einer Temperaturbeständigkeit von 200–600 °C standhalten.
Typische Produkte: Kugelhähne und Absperrschieber in der Güte YW1A mit einer Druckfestigkeit von 50 MPa und einer Korrosionsbeständigkeit von <0,01 mm/Jahr.
Vorteile: Hohe Abdichtung verringert Leckagen und Beständigkeit gegen H_2S-Korrosion verbessert die Sicherheit.

Marine-Pipelinesystem

Szenario: Regelventile und Rückschlagventile für Unterwasser-Öl- und Gaspipelines, wie beispielsweise die Tiefseepipeline im Südchinesischen Meer.
Anforderungen: Langfristiges Eintauchen in Meerwasser (Wassertiefe 500–3000 m), Korrosionsbeständigkeit und Ermüdungsbelastbarkeit, Druckfestigkeit 30–40 MPa.
Typische Produkte: Absperrklappen und Rückschlagventile, Güteklasse YT15A, Korrosionsbeständigkeit <0,015 mm/Jahr.
Vorteile: Hohe Haltbarkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Biofouling und geringerer Wartungsaufwand.

Unterwassertechnik

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

Szenario: Steuerventile, die in Fundamenten für Unterwasserplattformen und Kabelschutzsystemen verwendet werden, beispielsweise beim Bau von Windparks in der Nordsee.
Anforderungen: Muss beständig gegen Seewasserkorrosion, niedrige Temperaturen und biologische Anhaftung sein und einem Druck von 20–30 MPa standhalten.
Typische Produkte: Regelventile und Verbindungsventile, Güteklasse YG6A, Korrosionsbeständigkeit <0,02 mm/Jahr.
Vorteile: Hohe Zähigkeit zur Anpassung an komplexe Umgebungen, Oberflächenbehandlung zur Verlängerung der Lebensdauer.

Spezialanwendungen
Tiefseebergbau: Die Kontrolle von Systemen zur Gewinnung polymetallischer Knollen erfordert Korrosionsbeständigkeit gegenüber hohen Metallionenkonzentrationen.
Umweltüberwachung: Regelventile für Unterwasser-Datenerfassungsgeräte mit Schwerpunkt auf Haltbarkeit und Präzision.
Herausforderung: Ultratiefes Wasser (> 5000 m), hoher Druck (> 50 MPa) und extrem niedrige Temperaturen (< -10 °C) stellen höhere Anforderungen an die Ventilleistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses
Der Herstellungsprozess korrosionsbeständiger Hartmetall-Schiffsventile kombiniert fortschrittliche Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um ihre Leistung in Meeresumgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Informationen zum Prozessablauf und zu den technischen Aspekten:

Rohstoffaufbereitung
Pulvermischen: Verwenden Sie hochreines Wolframcarbid (WC) und Kobalt (Co)-Pulver und fügen Sie korrosionsbeständige Elemente (wie Cr, Mo, Ni) und Härter (wie TiC , TaC) hinzu. Mischen Sie 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle. Kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm und halten Sie den Verunreinigungsgehalt unter 0,1 %.
Additive Optimierung: Seltenerdelemente (wie Ce und La) werden hinzugefügt, um die Körner zu verfeinern, und Nanokarbide werden hinzugefügt, um die Dichte und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Formprozess
Pressen: Mittels der Kaltisostatischen Presstechnologie (CIP) wird das Pulver mit einem Druck von 200–300 MPa und einer Formdichte von 60–70 % der theoretischen Dichte zu Rohlingen gepresst.
Heißisostatisches Pressen (HIP): Eine Wärmebehandlung bei 1300–1500 °C und 100–200 MPa beseitigt Poren, erhöht die Dichte auf über 98 % und verbessert die Druckfestigkeit.
Spritzgießen komplexer Strukturen: Für Kugelhähne und Absperrklappen werden Spritzguss- oder 3D-Druck-Technologien (Selective Laser Melting SLM) eingesetzt, um komplexe Dichtungsstrukturen mit einer Genauigkeit von ±0,05 mm herzustellen.

Sinterprozess

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

Vakuumsintern: Das Sintern bei 1400–1600 °C in einem Vakuumofen für 1–2 Stunden fördert die Bindung der WC-Partikel, entfernt Gasverunreinigungen und verhindert Oxidation.
Flüssigphasensintern: Co wird geschmolzen, um eine flüssige Phase zu bilden, die die Poren füllt und so die Materialfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit verbessert. Die Sinterzeit wird präzise gesteuert, um die Korngröße zu optimieren.
Nachbearbeitung: Durch Plasmareinigung wird die Oxidschicht auf der Oberfläche entfernt und einige Produkte werden einer Niedertemperaturglühung unterzogen, um Restspannungen abzubauen.

Oberflächenbehandlung

Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD): Tragen Sie eine TiN- oder CrN- Beschichtung mit einer Dicke von 5–20 μm auf , um die Korrosions- und Verschleißfestigkeit gegenüber Seewasser zu verbessern.
Chemische Gasphasenabscheidung (CVD): Verwendung einer TiAlN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, Temperaturbeständigkeit bis 1000 °C, geeignet für Hochtemperaturumgebungen in der Tiefsee.
Polieren: Mechanisches oder elektrochemisches Polieren auf Ra < 0,2 μm , um biologische Anhaftungen und Oberflächenrauheit zu reduzieren, kombiniert mit einer antibakteriellen Beschichtung, um das Wachstum von Meeresorganismen zu hemmen.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Durch den Einsatz von fünfachsigen CNC-Werkzeugmaschinen wird die Genauigkeit bei der Bearbeitung von Ventildichtflächen und Strömungskanälen auf ±0,02 mm kontrolliert.
Elektrofunkenbearbeitung (EDM): Wird für komplexe innere Hohlräume und Mikrolöcher verwendet, reduziert wärmebeeinflusste Zonen und ermöglicht eine Oberflächenrauheit von Ra 0,1 μm .
Laserbearbeitung: Unterstützt die Endbearbeitung, verbessert die Oberflächenqualität und geometrische Genauigkeit, besonders geeignet für hochpräzise Ventile.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: Gemäß GB/T 16599, 10 kg Last, Genauigkeit ±30 HV, gewährleistet gleichmäßige Härte.
Korrosionstest: Eintauchen in eine 80 °C heiße, 3,5 %ige NaCl-Lösung für 2.000 Stunden, um die Meerwasserumgebung zu simulieren und Massenverlust und Oberflächenveränderungen zu bewerten.
Druckprüfung: Wenden Sie gemäß API 6A-Standard den 1,5-fachen Auslegungsdruck (maximal 75 MPa) an, um Leckagen und Verformungen festzustellen.
Ermüdungsprüfung: Simulieren Sie Druckzyklen von 0–30 MPa, $>10^5$ Zyklen, und bewerten Sie das Risswachstum.

5. Leistungsindikatoren

Korrosionsbeständigkeit: In 3,5%iger NaCl-Lösung bei 80°C beträgt die Korrosionsrate <0,02

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

mm/Jahr; bei einem Gehalt von 100 ppm H_2S bleibt die Korrosionsbeständigkeit über 90 %.
Verschleißfestigkeit: Verschleißrate <0,03 $mm^3/N·m$, widerstandsfähig gegen Erosion durch Meeresbodenkies.
Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit >700 MPa bei 800°C, Bruchzähigkeit 12-16 $MPa·m^{1/2}$.
^{5}-mal unter 0–30 MPa Druckzyklus, anpassbar an Vibrationsbelastungen in der Tiefsee.
Abdichtung: Erfüllt den API 6A-Standard, Leckrate <0,01 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Gehalt an Cr, Mo und Ni, um die Beständigkeit gegen Lochfraß, Chlorid- und H_2S- Korrosion zu verbessern; entwickeln Sie Hochentropielegierungen (wie CoCrFeNiMo), um die Gesamtleistung zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschichtbeschichtungen (z. B. Ni-Cr + TiN) verbessern die Widerstandsfähigkeit gegen Meerwassererosion und hohe Temperaturen. Die Dicke kann individuell auf 5–20 μm eingestellt werden .
Wärmebehandlung: Lösungsglühen + Alterungsprozess, Optimierung der Korngrenzenkorrosionsbeständigkeit und mechanischen Festigkeit sowie Reduzierung der Restspannung.
Oberflächenbehandlung: Polieren auf Ra < 0,2 μm zur Reduzierung biologischer Anhaftungen; Einbringen einer Nanobeschichtung oder antibakteriellen Beschichtung zur Verbesserung der Haltbarkeit.
Prozessinnovation: 3D-Druck (SLM) ermöglicht die individuelle Anpassung komplexer Dichtungsstrukturen und KI optimiert Sinterparameter und Beschichtungsdicke, um den Energieverbrauch zu senken und die Effizienz zu verbessern.

Korrosionsbeständige Hartmetall-Schiffsventile haben die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Tiefseetechnik durch fortschrittliche Fertigungsverfahren und gezielte Anwendungsdesigns deutlich verbessert. Da die Erschließung mariner Ressourcen in Richtung ultratiefer Gewässer (> 5000 m) und extremer Umgebungen voranschreitet, wird die Optimierung von Hartmetall (z. B. durch Nanobeschichtung, Verbundwerkstoffe und intelligente Fertigung) den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und erfüllt damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Benötigen Sie korrosionsbeständige Hartmetall- Schiffsventile? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

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

Korrosionsbeständiges Hartmetallrohr

Überblick

, Hochleistungsrohre für die chemische, petrochemische und verwandte Branchen. Sie werden häufig für den Transport starker Säuren (wie Schwefelsäure H_2SO_4 , Salzsäure HCl), korrosiver Hochtemperaturmedien und Gas-Flüssigkeits-Gemische mit hohem Druck verwendet. Diese Rohre basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid WC und Kobalt Co). Durch Optimierung der Legierungszusammensetzung, Oberflächenhärtungstechnologie und Präzisionsfertigungsverfahren werden ihre Beständigkeit gegen starke Säurekorrosion, ihre Hochtemperaturbeständigkeit, ihre Verschleißfestigkeit und ihre mechanische Festigkeit deutlich verbessert. Die Umgebung in Säurepipelines ist mit hohen Temperaturen (500–1000 °C), hohem Druck (10–40 MPa) und stark korrosiven Medien (wie konzentrierter Säure, chlorhaltigen Verbindungen) verbunden. Herkömmliche Materialien wie Edelstahl oder Titanlegierungen neigen bei langfristiger Verwendung zu Korrosionsschäden, weshalb korrosionsbeständiges Hartmetall die ideale Wahl ist. In diesem Artikel werden seine technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail erörtert, um seine technischen Vorteile in sauren Umgebungen aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Korrosionsbeständigkeit

Durch Zugabe säurebeständiger Elemente wie Chrom (Cr), Molybdän (Mo) und Nickel (Ni) und Aufbringen von TiN- , CrN- oder TiAlN- Beschichtungen weist korrosionsbeständiges Hartmetall eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit in konzentrierter Schwefelsäure (98 % H_2SO_4) , Salzsäure (37 % HCl) und chloridhaltigen Umgebungen auf, mit einer Korrosionsrate von nur 0,005–0,01 mm/Jahr, was viel besser ist als bei Edelstahl (0,05–0,1 mm/Jahr).

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt zwischen HV 1800 und 2400, wodurch Partikelverschleiß und Hochgeschwindigkeits-Flüssigkeitserosion beständig sind, und die Verschleißrate wird auf unter 0,02 $mm^3/N·m$ kontrolliert.

Mechanische Festigkeit

Die Bruchzähigkeit erreicht 10-15 $MPa·m^{1/2}$, wodurch die strukturelle Integrität unter hohem Druck und thermischen Zyklusbedingungen gewährleistet wird, und die Zugfestigkeit übersteigt 600 MPa bei 800 °C.

Hohe Temperaturstabilität

Es behält seine stabile Leistung in einer sauren Umgebung mit hohen Temperaturen von 500–1000 °C bei und weist eine hohe Beständigkeit gegen thermisches Kriechen und Oxidation auf.

Chemische Beständigkeit

Bei stark oxidierenden Säuren (wie Salpetersäure HNO_3) und reduzierenden Säuren (wie Flusssäure HF) können Lochkorrosion, Flächenkorrosion und Spannungsrisskorrosion durch Legierungsoptimierung und Beschichtungsdesign reduziert werden.

2. Werkstoffe und Güten

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

Korrosionsbeständiges Hartmetall wurde in verschiedenen Qualitäten entwickelt, um den unterschiedlichen Anforderungen von Säurepipelines gerecht zu werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1900–2100, Bruchzähigkeit 14–16 MPa·m¹ / ², Dichte 14,9 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 80 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1300 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m, Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Rohrleitungen, die Säuren mittlerer und niedriger Konzentration (wie <30 % H_2SO_4) transportieren , oder für Umgebungen mit niedrigen Temperaturen (<600 °C), mit einer Druckbeständigkeit von 10–20 MPa und geeignet für die primäre chemische Verarbeitung.

Vorteile: hohe Zähigkeit und Schlagfestigkeit, niedrige Kosten, geeignet für nicht extrem saure Bedingungen.

Einschränkungen: Eingeschränkte Korrosionsbeständigkeit bei hohen Säurekonzentrationen oder hohen Temperaturen, erfordert eine Beschichtung.

YG8

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1850–2050, Bruchzähigkeit 16–18 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1250 HV, Verschleißrate <0,035 mm³/N·m, Korrosionsrate <0,012 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Rohrleitungen, die Säuren mittlerer Konzentration (wie 30–50 % HCl) oder Umgebungen mit mittlerer Temperatur (<700 °C) transportieren, mit einer Druckbeständigkeit von 15–25 MPa, geeignet für den mittleren Abschnitt der petrochemischen Industrie.

Vorteile: Die Zähigkeit ist besser als bei YG6A, die Ermüdungsbeständigkeit ist hoch und es ist für Rohrleitungen mit dynamischer Belastung geeignet.

Einschränkung: Um starker Säurekorrosion zu widerstehen, ist eine zusätzliche Beschichtungsunterstützung erforderlich.

YT15A

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1900, Bruchzähigkeit 12–14 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,035 mm³/N·m, Korrosionsrate <0,008 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Rohrleitungen, die hochkonzentrierte Säuren (wie 50 % H_2SO_4) transportieren , oder für Umgebungen mit hohen Temperaturen (<800 °C), mit einer Druckbeständigkeit von 20–30 MPa, geeignet für die Chlor-Alkali-Industrie und Hochtemperaturreaktionen.

Vorteile: Hohe Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Oxidation, gute Beständigkeit gegen Adhäsion und Verschleiß.

S ist eine Beschichtungsverstärkung erforderlich .

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

YT30

Zusammensetzung: WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1600–1800, Bruchzähigkeit 14–16 MPa·m¹ / ², Dichte 11,2 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m, Korrosionsrate <0,01 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Rohrleitungen, die Hochtemperatur-Mischsäuren (wie HNO_3 + H_2SO_4) transportieren , oder für Umgebungen mit intermittierenden Hochtemperaturen (600–900 °C), mit einer Druckbeständigkeit von 25–35 MPa.

Vorteile: Ausgewogene Hitzebeständigkeit und Zähigkeit, Beständigkeit gegen Hochtemperaturoxidation.

Einschränkungen: Geringe Härte, erfordert eine Beschichtung zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit.

YW1A

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1800–2000, Bruchzähigkeit 13–15 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1250 HV, Verschleißrate <0,032 mm³/N·m, Korrosionsrate <0,005 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Rohrleitungen, die hochkonzentrierte Säuren (wie 98 % H_2SO_4) oder hochkorrosive Umgebungen mit Chloriden (<950 ° C) transportieren , mit einer Druckbeständigkeit von 30–40 MPa und geeignet für den Kernbereich der säurehaltigen chemischen Industrie.

Vorteile: Hervorragende Beständigkeit gegen starke Säuren und hohe Temperaturen, starke Beständigkeit gegen biologische Anhaftungen.

Einschränkungen: Hohe Herstellungskosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YW2

Zusammensetzung: WC 75 %, TiC 12 %, TaC 3 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1750–1950, Bruchzähigkeit 14–16 MPa·m¹ / ², Dichte 12,6 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m, Korrosionsrate <0,007 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Rohrleitungen, die hochtemperierte starke Säuren (wie 70 % HF) oder komplexe saure Medien (<900 °C) transportieren, mit einer Druckbeständigkeit von 25–35 MPa.

Vorteile: Beständig gegen Oxidation und Korrosion bei hohen Temperaturen, geeignet für Umgebungen mit mehreren Säuregemischen.

Einschränkungen: Für ultrahohen Druck (> 40 MPa) ist eine strukturelle Verstärkung erforderlich.

YG20C

Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%

Eigenschaften: Härte HV 1650–1850, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 70 W/ m·K . Warmhärte (800°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m, Korrosionsrate <0,015 mm/Jahr.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Rohrleitungen, die Säuren mittlerer und niedriger Konzentration transportieren, oder für Umgebungen mit hoher Belastung (<700 °C), mit einer

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

Druckbeständigkeit von 20–30 MPa, geeignet für Rohrleitungen für chemische Hilfsmittel.
Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, starke Schlag- und Ermüdungsbeständigkeit.
Einschränkungen: Mäßige Korrosionsbeständigkeit, erfordert eine Beschichtung zur Verbesserung der Säureanpassungsfähigkeit.

3. Anwendungsdetails

Korrosionsbeständige Hartmetallrohre spielen in verschiedenen Industriebereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Einsatzmöglichkeiten variieren je nach Medienbedingungen und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Schwefelsäureproduktion

Szenario: Angewandt auf Pipelines, die 98 % H_2SO_4 transportieren , mit einer Temperatur von 500–700 °C und einem Druck von 15–25 MPa.
Anforderungen: Muss starker oxidierender Säurekorrosion und hoher Durchflussrate standhalten.
Typische Produkte: Ausgekleidete Rohre der Güteklasse YW1A, Korrosionsbeständigkeit <0,005 mm/Jahr.
Vorteile: Hohe Korrosionsbeständigkeit reduziert Leckagen.

Chlor-Alkali-Industrie

Szenario: Wird zum Transport von 37 % HCl und Chlorgas verwendet, Temperatur 50–200 °C, Druck 10–15 MPa.
Anforderungen: Beständigkeit gegen Chloridkorrosion und Hochtemperaturoxidation.
Typische Produkte: Säurebeständige Rohrabschnitte, Güteklasse YT15A, Korrosionsbeständigkeit <0,008 mm/Jahr.
Vorteile: hohe Temperaturbeständigkeit, Antioxidationsmittel.

Pharmazeutika und Feinchemikalien

Szenario: Transport von HF oder Mischsäure, Temperatur 100–300 °C, Druck 10–20 MPa.
Anforderungen: Beständigkeit gegen starke reduzierende Säurekorrosion.
Typische Produkte: Spezialrohre aus der Güteklasse YG6A, Korrosionsbeständigkeit <0,01 mm/Jahr.
Vorteile: Hohe Präzision, weniger Rückstände.

Spezialanwendungen

Abfallsäurebehandlung: Transportieren Sie hochkonzentrierte Abfallsäure und widerstehen Sie der Polysäurekorrosion.
Hochdruckreaktion: Unterstützt saure Flüssigkeiten mit hohen Temperaturen und hohem Druck mit einer Druckbeständigkeit von >40 MPa.
Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (>1000°C) oder ultrakonzentrierte Säuren stellen höhere Anforderungen an die Materialien.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

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

Der Herstellungsprozess korrosionsbeständiger Hartmetall-Säurerohre kombiniert fortschrittliche Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um die Leistung in sauren Umgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Informationen zum Prozessablauf und den technischen Details:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Verwenden Sie hochreine WC- und Co-Pulver, fügen Sie säurebeständige Elemente (wie Cr, Mo, Ni) und Härter (wie TiC , TaC) hinzu, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und die Partikelgröße beträgt 0,5–2 μm .

Additive Optimierung: Zur Verfeinerung der Körner werden Seltenerdelemente und zur Verbesserung der Dichte Nanokarbide hinzugefügt.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte über 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, partielles Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder CrN- Beschichtung, 5–15 μm , säurekorrosionsbeständig.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiAlN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 1000° C.

Polieren: Ra < 0,2 μm , um die Mediumhaftung zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,02 mm, Bearbeitung der Innenwand.

EDM: komplexer innerer Hohlraum, Ra 0,1 μm .

Laserbearbeitung: Verbesserung der Oberflächenqualität.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Korrosionstest: 80°C, 98% H_2SO_4 , 1000 Stunden.

Druckprüfung: ASME B16.34, 1,5-facher Druck.

Ermüdungstest: 0–20 MPa, $>10^5$-mal.

5. Leistungsindikatoren

Korrosionsbeständigkeit: 80°C, 98% H_2SO_4 , < 0,01 mm/Jahr.

Verschleißfestigkeit: <0,02 $mm^3/N \cdot m$.

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

Mechanische Festigkeit: 800°C, >600 MPa, 10-15 MPa·m¹ / ² .
Ermüdungslebensdauer: >10 ⁵ mal.
Versiegelung: API 598, <0,01 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Fügen Sie Cr, Mo und Ni hinzu, um Legierungen mit hoher Entropie zu entwickeln.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht Ni-Cr + TiN , 5-15 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,2 μm , Nanobeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck, KI-Optimierungsparameter.

Korrosionsbeständige Hartmetall-Säurerohre weisen dank fortschrittlicher Verfahren und Anwendungsdesign eine deutlich verbesserte Stabilität und Haltbarkeit in sauren Umgebungen auf. Da die chemische Industrie zunehmend auf hochkonzentrierte Säuren und Hochtemperaturprozesse setzt, wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und erfüllt damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Benötigen Sie korrosionsbeständige Hartmetall-Säurerohre ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Grobkörnige Hartmetall-Bergbaubohrer

Überblick

Grobkörnige Hartmetall-Bohrer für den Bergbau sind verschleißfeste Hochleistungsbohrer, die speziell für den Bergbau entwickelt wurden. Sie werden häufig im Tagebau, Untertagebau und im Hartgesteinsabbau eingesetzt. Diese Bohrer basieren auf grobkörnigem Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co), mit einer großen Korngröße von 5–10 μm). Durch Optimierung der Legierungsformel und des Härtungsprozesses werden Verschleißfestigkeit, Schlagzähigkeit und Bruchfestigkeit deutlich verbessert. Der Bergbau zeichnet sich durch harte Gesteinsformationen (wie Granit, Quarzit), hohe Schlagbelastungen (Tausende von Newton) und hohe Temperaturen (200–600 °C) aus. Herkömmliche Materialien wie Bohrer auf Stahlbasis halten langfristigem Verschleiß und Bruch nur schwer stand, daher ist grobkörniges Hartmetall die ideale Wahl. Dieser Artikel erläutert seine technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail, um seine technischen Vorteile im Bergbau aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt bei HV 1200–1600, die Korngröße beträgt 5–10 μm , die Verschleißfestigkeit ist erhöht, die Verschleißrate wird auf unter 0,05 $mm^3/N·m$ kontrolliert und es eignet sich zum Bohren von Felsformationen mit hoher Härte.

Schlagfestigkeit

Die Bruchzähigkeit beträgt 15-25 $MPa·m^{1/2}$, ist also besser als bei feinkörnigen Legierungen und hält hohen Stoßbelastungen (>5000 N) stand, ohne dass die Kanten einbrechen.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 500 MPa bei 600 °C, es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung auf und ist für häufige Bohr- und Entnahmezyklen geeignet.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Bergbauumgebungen mit hohen Temperaturen von 200–600 °C bei und widersteht thermischer Rissbildung und Oxidation.

Korrosionsbeständigkeit

Durch Zugabe von Molybdän (Mo) oder Chrom (Cr) beträgt die Korrosionsrate in wässrigen oder sauren Schlackenumgebungen weniger als 0,02 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Grobkörniges Hartmetall wurde in verschiedenen Qualitäten entwickelt, um den unterschiedlichen Anforderungen von Bergbaubohrern gerecht zu werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG11C

Zusammensetzung: WC 89%, Co 11%

Eigenschaften: Härte HV 1350–1450, Bruchzähigkeit 20–22 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,4 g/cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 70 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 900 HV, Verschleißrate <0,06 $mm^3/N·m$, Korngröße 6–8 μm .

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

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren in mittelharten Gesteinsformationen (wie Kalkstein und Granit), Schlagbelastung 3000–5000 N, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für den Tagebau.

Vorteile: Hohe Zähigkeit und Schlagfestigkeit, mäßige Verschleißfestigkeit, gutes Preis- Leistungs-Verhältnis.

Einschränkungen: Etwas geringere Verschleißfestigkeit in ultraharten Gesteinsformationen oder bei hohen Temperaturen.

YG15C

Zusammensetzung: WC 85%, Co 15%

Eigenschaften: Härte HV 1300–1400, Bruchzähigkeit 22–25 MPa·m¹ / ², Dichte 14,0 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 850 HV, Verschleißrate <0,05 mm³/N·m, Korngröße 7–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren in Gesteinsformationen mit hoher Härte (wie Quarzit und Basalt), Schlagbelastung 5000–8000 N, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet zum Tieflochbohren in Untertageminen.

Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen starke Stöße und Brüche, lange Haltbarkeit.

Einschränkungen: Geringe Härte, Schneidkantendesign muss optimiert werden.

YC40

Zusammensetzung: WC 75 %, Co 15 %, TaC 5 %, TiC 5 %

Eigenschaften: Härte HV 1250–1350, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 800 HV, Verschleißrate <0,07 mm³/N·m, Korngröße 8–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren in ultraharten Gesteinsformationen (wie Diabas, Eisenerz), Schlagbelastung 8000–10000 N, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet für den Bergbau mit hoher Intensität.

Vorteile: Hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit, geeignet für komplexe Bergbaugebiete.

Einschränkungen: Mäßige Verschleißfestigkeit, erfordert regelmäßige Wartung.

YG20C

Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%

Eigenschaften: Härte HV 1250-1350, Bruchzähigkeit 23-25 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 850 HV, Verschleißrate <0,06 mm³ /N·m, Korngröße 5-7 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren mit hoher Belastung und häufigen Stößen, wie z. B. Kohleflöze und abwechselnd weiche und harte Gesteinsformationen, Stoßbelastung 4000–6000 N, Temperaturbeständigkeit 450 °C.

Vorteile: extrem hohe Zähigkeit, Beständigkeit gegen große Verformungen, geeignet für raue Bedingungen.

Einschränkungen: Etwas weniger verschleißfest, erfordert optimierte Oberflächenbehandlung.

YC45

Zusammensetzung: WC 70 %, Co 15 %, TaC 10 %, TiC 5 %

Eigenschaften: Härte HV 1200–1300, Bruchzähigkeit 20–22 MPa·m¹ / ², Dichte 13,2 g/ cm³,

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

Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 750 HV, Verschleißrate <0,08 mm³/N·m, Korngröße 9–10 μm .
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren in extrem hartem Gestein (z. B. Diamantschicht), Schlagbelastung 10000–12000 N, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet für den Tiefbau.
Vorteile: Hohe Temperatur- und Schlagfestigkeit, geeignet für extrem harte Bedingungen.
Einschränkungen: hohe Kosten und schwierige Verarbeitung.

3. Anwendungsdetails

Grobkörnige Hartmetallbohrer spielen in verschiedenen Bergbaubereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach Gesteinsbeschaffenheit und Betriebsanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Tagebau

Anwendung: Wird zum Abbau von Kalkstein, Granit und anderen mittelharten Gesteinsformationen in einer Tiefe von 0–200 m und einer Temperatur von 20–300 °C verwendet.
Anforderungen: Schlag- und Verschleißfestigkeit, Druckfestigkeit 10–20 MPa.
Typische Produkte: PDC-Verbundbohrer, Sorte YG11C, Verschleißfestigkeit <0,06 mm³/N·m.
Vorteile: Effizientes Bohren und hohe Haltbarkeit.

Tieflochbohren im Untertagebau

Szenario: Wird für Tiefbohrungen in Quarzit und Basalt verwendet, Tiefe 500–2000 m, Temperatur 200–500 °C.
Anforderungen: Hohe Schlag- und Bruchfestigkeit, Druckfestigkeit 20–30 MPa.
Typische Produkte: Rollenfräser-Bits, hergestellt aus der Güteklasse YG15C, schlagfest bis 8000 N.
Vorteile: Hohe Zähigkeit, Anpassungsfähigkeit an komplexe Formationen.

Metallbergbau

Anwendung: Wird in Erzschichten mit hoher Härte wie Eisenerz und Kupfererz mit einer Tiefe von 1000–3000 m und einer Temperatur von 300–600 °C verwendet.
Anforderungen: Hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit, Druckfestigkeit 30–40 MPa.
Typische Produkte: Konischer Bohrer, Sorte YC40, Temperaturbeständigkeit 600 °C.
Vorteile: hitzebeständig und verschleißfest.

Spezialanwendungen

Kohleflözgasförderung: Das Bohren in abwechselnd weichen und harten Kohleflözen erfordert eine Verformungsbeständigkeit.
Tiefensuche: Das Bohren in Diamantschichten erfordert höchste Zähigkeit.
Herausforderung: Ultratiefes (> 3000 m) oder ultrahartes Gestein stellt höhere Anforderungen an die Materialien.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

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

Der Herstellungsprozess von grobkörnigen Hartmetall-Bohrern für den Bergbau kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsbearbeitungstechnologie, um die Leistung im Bergbau sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie den detaillierten Prozessablauf und die technischen Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Wählen Sie grobkörniges WC (5–10 μm) und Co-Pulver, fügen Sie TaC und TiC hinzu, um die Zähigkeit zu verbessern, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und erzielen Sie eine gleichmäßige Partikelgröße.

Additive Optimierung: Seltenerdelemente werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu verfeinern und die Schlagfestigkeit zu verbessern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder CrN- Beschichtung, 5–15 μm , verschleißfest.

CVD: TiAlN -Beschichtung, temperaturbeständig bis 600°C.

Polieren: Ra < 0,4 μm , reduziert die Schleifhaftung.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,02 mm, Bearbeitung der Schneide.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,1 μm .

Laserbearbeitung: Verbesserung der Schnittkantenqualität.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Abriebtest: simulierte Steinbildung, 1000 Stunden.

Schlagprüfung: 5000 N, um Kantenausbrüche festzustellen.

Ermüdungstest: 0–20 MPa, >10 ^{5}-mal.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: <0,05 mm^{3}/N·m.

Schlagfestigkeit: 15-25 MPa·m^{1} / ^{2}.

Mechanische Festigkeit: 600°C, >500 MPa.

Ermüdungslebensdauer: >10 ^{5} mal.

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

Hitzebeständigkeit: 600 °C, Leistungsabfall <20 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Co-Gehalt, um die Zähigkeit zu verbessern, fügen Sie TaC hinzu , um thermischen Rissen vorzubeugen.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht TiN + CrN , 5-15 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,4 μm , Verschleißschutzbeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck optimiert Klingenform, KI steuert Sintern.

Grobkörnige Hartmetallbohrer haben durch fortschrittliche Verfahren und Anwendungsdesign die Effizienz und Haltbarkeit im Bergbau deutlich verbessert. Mit der Weiterentwicklung der Tiefbautechnologie wird die Optimierung von Hartmetall auch weiterhin den Fortschritt vorantreiben.

CTIA GROUP LTD verfügt über eine 30-jährige Geschichte in der Hartmetallherstellung und hat eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert , die den hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden in den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen gerecht werden. Wenn Sie mittel- und grobkörnige Hartmetallbohrer für den Bergbau benötigen , bieten wir Ihnen gerne präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Mittelkörniger und grobkörniger Hartmetall-Brechhammer

Überblick

Brechhämmer aus mittel- und grobkörnigem Hartmetall sind verschleißfeste Hochleistungswerkzeuge für die Bau-, Bergbau- und Brechindustrie und werden häufig zum Zerkleinern von Hartgestein, Beton und Erzen verwendet. Diese Hämmer basieren auf mittelkörnigem (2 – 5 μm) oder grobkörnigem (5 – 10 μm) Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid WC und Kobalt Co). Durch Optimierung der Legierungsformel und des Härtungsprozesses werden Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Bruchfestigkeit deutlich verbessert. In der Brechumgebung kommen Materialien mit hoher Härte (Mohshärte 6 – 8), hohe Schlagbelastungen (Tausende bis Zehntausend Newton) und hohe Temperaturen (200 – 500 °C) zum Einsatz. Herkömmliche Hämmer aus Stahl oder feinkörnigen Legierungen halten langfristigem Verschleiß und Bruch nur schwer stand, sodass mittel- und grobkörniges Hartmetall die ideale Wahl ist. In diesem Artikel werden die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail erörtert, um die technischen Vorteile bei Zerkleinerungsvorgängen aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Mittlere Kristallhärte HV 1400–1800, grobe Kristallhärte HV 1200–1600, Korngröße 2–5 μm bzw. 5–10 μm , Verschleißrate kontrolliert auf 0,04–0,06 mm³/N·m, geeignet zum Zerkleinern von Materialien mit hoher Härte.

Schlagfestigkeit

Die Bruchzähigkeit von mittelkörnigen Legierungen beträgt 12–18 MPa·m¹ / ², die von grobkörnigen Legierungen 15–25 MPa·m¹ / ². Damit ist sie der von feinkörnigen Legierungen überlegen und kann hohen Stoßbelastungen (5000–12000 N) standhalten, ohne leicht zu brechen.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 450–550 MPa bei 500 °C, es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung auf und kann sich an häufige Aufprallzyklen anpassen.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Umgebungen mit hohen Temperaturen von 200–500 °C bei und widersteht thermischen Rissen und leichter Oxidation.

Korrosionsbeständigkeit

Durch Zugabe von Molybdän (Mo) oder Chrom (Cr) beträgt die Korrosionsrate in wässrigen oder sauren Schlackenumgebungen weniger als 0,02 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Mittelkörniges und grobkörniges Hartmetall wurde in verschiedenen Qualitäten entwickelt, um den unterschiedlichen Anforderungen von Brechhammerköpfen gerecht zu werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG8C (Mikrokristallin)

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

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

Eigenschaften: Härte HV 1500–1600, Bruchzähigkeit 15–17 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,05 mm³ /N·m, Korngröße 3–5 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Zerkleinern mittelharter Materialien (wie Beton, Sandstein), Schlagbelastung 5000–7000 N, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für Gebäudeabbruch und kleinen und mittleren Bergbau.

Vorteile: Ausgewogene Härte und Zähigkeit, gute Verschleißfestigkeit und niedrige Verarbeitungskosten.

Einschränkungen: Eingeschränkte Haltbarkeit in sehr hartem Gestein oder bei starker Einwirkung.

YG11C (grobkörnig)

Zusammensetzung: WC 89%, Co 11%

Eigenschaften: Härte HV 1350–1450, Bruchzähigkeit 20–22 MPa·m¹ / ², Dichte 14,4 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 70 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 900 HV, Verschleißrate <0,06 mm³/N·m, Korngröße 6–8 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Zerkleinern von Gesteinsschichten mittlerer und hoher Härte (wie Granit und Kalkstein), Schlagbelastung 7000–9000 N, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet für Tagebaue und große Brecher.

Vorteile: Hohe Zähigkeit, starke Schlagfestigkeit, lange Haltbarkeit und gutes Preis- Leistungs-Verhältnis.

Einschränkungen: Die Härte ist etwas geringer und das Schneidendesign muss optimiert werden.

YT15C (Microtek)

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1600–1700, Bruchzähigkeit 13–15 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m, Korngröße 2–4 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Zerkleinern hitzebeständiger Materialien (wie z. B. hochtemperaturbehandelter Beton), Schlaglast 6000–8000 N, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für die industrielle Abfallbehandlung.

Vorteile: Hohe Temperatur- und Oxidationsbeständigkeit, hohe Schneidleistung.

Einschränkungen: Etwas weniger robust, erfordert Stützstruktur.

YG15C (grobkörnig)

Zusammensetzung: WC 85%, Co 15%

Eigenschaften: Härte HV 1300–1400, Bruchzähigkeit 22–25 MPa·m¹ / ², Dichte 14,0 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 850 HV, Verschleißrate <0,05 mm³/N·m, Korngröße 7–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Zerkleinern von Gesteinsschichten mit hoher Härte (wie Quarzit und Basalt), Schlaglast 9000–11000 N, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für Tiefbau und schwere Zerkleinerung.

Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen starke Stöße und Brüche, lange Lebensdauer.

Einschränkung: Geringe Härte, regelmäßiges Nachschleifen der Kanten erforderlich.

YC40 (grobkörnig)

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

Zusammensetzung: WC 75 %, Co 15 %, TaC 5 %, TiC 5 %

Eigenschaften: Härte HV 1250–1350, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 800 HV, Verschleißrate <0,07 mm³/N·m, Korngröße 8–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Zerkleinern von superharten Materialien (wie Eisenerz, Diabas), Schlagbelastung 10000–12000 N, Temperaturbeständigkeit 550 °C, geeignet für den Metallabbau.

Vorteile: Hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit, geeignet für komplexe Bergbaugebiete.

Einschränkungen: Mäßige Verschleißfestigkeit, erfordert eine Beschichtungsverbesserung.

YC45 (grobkörnig)

Zusammensetzung: WC 70 %, Co 15 %, TaC 10 %, TiC 5 %

Eigenschaften: Härte HV 1200–1300, Bruchzähigkeit 20–22 MPa·m¹ / ², Dichte 13,2 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 750 HV, Verschleißrate <0,08 mm³/N·m, Korngröße 9–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Zerkleinern von Materialien mit extremer Härte (z. B. Diamantschicht), Schlaglast 12000–15000 N, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet für tiefes und hochfestes Zerkleinern.

Vorteile: Extrem hohe Zähigkeit und Hitzebeständigkeit, anpassbar an ultraharte Bedingungen.

Einschränkungen: hohe Kosten und komplexe Verarbeitung.

3. Anwendungsdetails

Mittel- und grobkörnige Hartmetall-Brechhämmer spielen in vielen Bereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Einsatzmöglichkeiten variieren je nach Materialbeschaffenheit und Betriebsanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Gebäudeabriss

Szenario: Zerkleinern von Beton, Ziegelwänden, Temperatur 20–200 °C, Stoßbelastung 5000–7000 N.

Anforderungen: Verschleiß- und Schlagfestigkeit, Druckfestigkeit 10–15 MPa.

Typische Produkte: Hammerkopf, aus der Güteklasse YG8C, Verschleißfestigkeit <0,05 mm³/N·m.

Vorteile: effizientes Zerkleinern, langlebig.

Tagebau

Anwendung: Zerkleinern von Kalkstein und Granit, Temperatur 200–400 °C, Schlagbelastung 7000–9000 N.

Anforderungen: Hohe Schlagfestigkeit, Druckfestigkeit 15–25 MPa.

Typische Produkte: Hochleistungshammerkopf, hergestellt aus der Güte YG11C, Schlagfestigkeit 9000 N.

Vorteile: Hohe Zähigkeit und lange Lebensdauer.

Zerkleinerung von Metallerzen

Szenario: Zerkleinern von Eisenerz und Kupfererz, Temperatur 300–500 °C, Stoßbelastung 10.000–12.000 N.

Anforderungen: Hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit, Druckfestigkeit 20–30 MPa.

Typische Produkte: Hitzebeständiger Hammerkopf, Güte YC40, Temperaturbeständigkeit bis

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

550 °C.

Vorteile: hitzebeständig und verschleißfest.

Spezialanwendungen

Abfallbehandlung: Das Zerkleinern von Industrieabfällen erfordert Beständigkeit gegen mehrfache Beanspruchung.

Tiefbrechen: Die Bearbeitung von Diamantschichten erfordert höchste Zähigkeit.

Herausforderung: Extrem hohe Stöße (>15.000 N) oder hohe Temperaturen (>600°C) stellen höhere Anforderungen an das Material.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

Der Herstellungsprozess von mittel- und grobkörnigen Hartmetall-Brechhämmern kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um ihre Leistung in Brechumgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Prozessabläufe und technische Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischung: Mittel- oder grobkörniges WC (2–10 μm) und Co-Pulver verwenden, TaC und TiC zur Verbesserung der Zähigkeit hinzufügen, 24–48 Stunden in einer Kugelmühle mahlen und gleichmäßige Partikelgröße erzielen.

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nano-Additive werden hinzugefügt, um die Dichte zu verbessern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder CrN- Beschichtung, 5–15 μm , verschleißfest.

CVD: TiAlN -Beschichtung, temperaturbeständig bis 600°C.

Polieren: Ra < 0,4 μm , reduziert die Schleifhaftung.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,02 mm, Bearbeitung der Arbeitsfläche.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,1 μm .

Laserbearbeitung: Verbesserung der Schnittkantenqualität.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Abriebtest: simulierter Stein, 1000 Stunden.

Schlagprüfung: 10.000 N, um Kantenabsplitterungen festzustellen.

Ermüdungstest: 0–20 MPa, >10^5-mal.

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

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,04–0,06 $mm^3/N \cdot m$.
Schlagfestigkeit: 12-25 $MPa \cdot m^{1/2}$.
Mechanische Festigkeit: 500°C, >450-550 MPa.
Ermüdungslebensdauer: $>10^5$ mal.
Hitzebeständigkeit: 500 °C, Leistungsabfall <20 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Co-Gehalt und fügen Sie TaC / TiC hinzu , um die Zähigkeit und Hitzebeständigkeit zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht TiN + CrN , 5-15 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,4 μm , Verschleißschutzbeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck optimiert die Form, KI steuert das Sintern.

Mittel- und grobkörnige Hartmetall-Brechhammerköpfe haben durch fortschrittliche Technologie und Anwendungsdesign die Brechleistung und Haltbarkeit deutlich verbessert. Da die Nachfrage nach hochfesten Brechern steigt, wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In seiner 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und erfüllt damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden in den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Wenn Sie mittel- und grobkörnige Hartmetall-Brechhämmer benötigen , bieten wir Ihnen gerne präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Mittelkörnige und grobkörnige Tunnelbohrwerkzeuge aus Hartmetall

Überblick

Mittel- und grobkörnige Hartmetall-Bergbauwerkzeuge sind Hochleistungswerkzeuge für den Tunnelbau, Bergbau und Felsabbau. Sie werden häufig beim Tunnelaushub in hartem Gestein, im Kohlebergbau und beim Abbau komplexer Gesteine eingesetzt. Diese Werkzeuge basieren auf mittelkörnigem (2–5 μm) oder grobkörnigem (5–10 μm) Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch Optimierung der Legierungsformel und des Härtungsprozesses werden Verschleißfestigkeit, Schlagzähigkeit und Bruchfestigkeit deutlich verbessert. Die Abbauumgebung ist mit Gesteinsformationen mit hoher Härte (Mohshärte 6–9), hohen Schlagbelastungen (5.000–15.000 N) und hohen Temperaturen (200–600 °C) verbunden. Herkömmliche Werkzeuge aus Stahl oder feinkörnigen Legierungen sind langfristiger Abnutzung und Brüchen kaum gewachsen. Daher ist mittel- und grobkörniges Hartmetall die ideale Wahl. Dieser Artikel erläutert detailliert die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren und zeigt die technischen Vorteile bei Erdarbeiten auf.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Die Härte im mittelkörnigen Bereich beträgt HV 1400–1800, die Härte im grobkörnigen Bereich beträgt HV 1200–1600, die Korngrößen betragen 2–5 μm bzw. 5–10 μm und die Verschleißrate wird auf 0,04–0,06 $mm^3/N·m$ kontrolliert, was für Ausgrabungen in Felsformationen mit hoher Härte geeignet ist.

Schlagfestigkeit

Die Bruchzähigkeit von mittelkörnigen Legierungen beträgt 12-18 $MPa·m^{1/2}$, die von grobkörnigen Legierungen 15-25 $MPa·m^{1/2}$. Damit ist sie der von feinkörnigen Legierungen überlegen und kann hohen Stoßbelastungen (5000-15000 N) standhalten, ohne leicht zu brechen.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit liegt bei über 450–550 MPa bei 500 °C und es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und Vibrationen auf und passt sich den dynamischen Belastungen während des Aushubs an.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Hochtemperatur-Tunnelumgebungen von 200–600 °C bei, widersteht thermischen Rissen und leichter Oxidation.

Korrosionsbeständigkeit

Durch Zugabe von Molybdän (Mo) oder Chrom (Cr) beträgt die Korrosionsrate in wässrigen oder sauren Schlackenumgebungen weniger als 0,02 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Mittelkörniges und grobkörniges Hartmetall wurde in verschiedenen Qualitäten entwickelt, um den unterschiedlichen Anforderungen von Tunnelwerkzeugen gerecht zu werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG8C (Mikrokristallin)

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

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1500–1600, Bruchzähigkeit 15–17 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,05 mm³ /N·m, Korngröße 3–5 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet für den Aushub mittelharter Gesteinsformationen (wie Sandstein und Schiefer), Stoßbelastung 5000–7000 N, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für kleine und mittelgroße Tunnelprojekte.

Vorteile: Ausgewogene Härte und Zähigkeit, gute Verschleißfestigkeit und niedrige Verarbeitungskosten.

Einschränkungen: Eingeschränkte Haltbarkeit in sehr hartem Gestein oder bei starker Einwirkung.

YG11C (grobkörnig)

Zusammensetzung: WC 89%, Co 11%

Eigenschaften: Härte HV 1350–1450, Bruchzähigkeit 20–22 MPa·m¹ / ², Dichte 14,4 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 70 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 900 HV, Verschleißrate <0,06 mm³/N·m, Korngröße 6–8 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet für den Aushub von Gesteinsformationen mittlerer bis hoher Härte (wie Granit und Kalkstein), Schlagbelastung 7000–9000 N, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet für Tagebautunnel und große Tunnel.

Vorteile: Hohe Zähigkeit, starke Schlagfestigkeit, lange Haltbarkeit und gutes Preis- Leistungs-Verhältnis.

Einschränkungen: Etwas geringere Härte, Schneidendesign muss optimiert werden.

YT15C (Microtek)

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1600–1700, Bruchzähigkeit 13–15 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m, Korngröße 2–4 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet für den Aushub hitzebeständiger Gesteinsformationen (wie Vulkangestein und metamorphes Gestein), Schlaglast 6000–8000 N, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für geologische Bedingungen mit hohen Temperaturen.

Vorteile: Hohe Temperatur- und Oxidationsbeständigkeit, hohe Schneidleistung.

Einschränkungen: Etwas weniger robust, erfordert Stützstruktur.

YG15C (grobkörnig)

Zusammensetzung: WC 85%, Co 15%

Eigenschaften: Härte HV 1300–1400, Bruchzähigkeit 22–25 MPa·m¹ / ², Dichte 14,0 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 850 HV, Verschleißrate <0,05 mm³/N·m, Korngröße 7–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet für den Aushub von Gesteinsformationen mit hoher Härte (wie Quarzit und Basalt), Stoßbelastung 9000–11000 N, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für tiefe Minen und Hartgesteinstunnel.

Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen starke Stöße und Brüche, lange Lebensdauer.

Einschränkung: Geringe Härte, regelmäßiges Nachschleifen der Kanten erforderlich.

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

YC40 (grobkörnig)

Zusammensetzung: WC 75 %, Co 15 %, TaC 5 %, TiC 5 %

Eigenschaften: Härte HV 1250–1350, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 800 HV, Verschleißrate <0,07 mm³/N·m, Korngröße 8–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet für den Aushub ultraharter Gesteinsformationen (wie Eisenerz und Diabas), Stoßbelastung 10.000–12.000 N, Temperaturbeständigkeit 550 °C, geeignet für tiefe Aushubarbeiten in Metallminen.

Vorteile: Hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit, geeignet für komplexe Geologie.

Einschränkungen: Mäßige Verschleißfestigkeit, erfordert eine Beschichtungsverbesserung.

YC45 (grobkörnig)

Zusammensetzung: WC 70 %, Co 15 %, TaC 10 %, TiC 5 %

Eigenschaften: Härte HV 1200–1300, Bruchzähigkeit 20–22 MPa·m¹ / ², Dichte 13,2 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 750 HV, Verschleißrate <0,08 mm³/N·m, Korngröße 9–10 μm .

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Ausheben extrem harter Gesteinsschichten (z. B. Diamantschichten), Schlagbelastung 12.000–15.000 N, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet für tiefe und hochintensive Aushubarbeiten.

Vorteile: Extrem hohe Zähigkeit und Hitzebeständigkeit, anpassbar an ultraharte Bedingungen.

Einschränkungen: hohe Kosten und komplexe Verarbeitung.

3. Anwendungsdetails

Mittel- und grobkörnige Hartmetall-Tunnelbohrwerkzeuge spielen in vielen Bereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach geologischen Bedingungen und betrieblichen Anforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Tunnelbau

Szenario: Aushub in Sandstein und Schiefer, Tiefe 0–500 m, Temperatur 20–300 °C, Stoßbelastung 5000–7000 N.

Anforderungen: Verschleiß- und Schlagfestigkeit, Druckfestigkeit 10–20 MPa.

Typische Produkte: Schneidwerkzeuge, Sorte YG8C, Verschleißfestigkeit <0,05 mm³/N·m.

Vorteile: effizientes Ausheben, langlebig.

Tunnelbau im Kohlebergwerk

Szenario: Abbau in Kohleflözen mit Gangart, Tiefe 500–1500 m, Temperatur 200–400 °C, Stoßbelastung 7000–9000 N.

Anforderungen: Hohe Schlagfestigkeit, Druckfestigkeit 15–25 MPa.

Typische Produkte: Tunnelkopf, aus der Güteklasse YG11C, Schlagfestigkeit 9000 N.

Vorteile: Hohe Zähigkeit, Anpassungsfähigkeit an komplexe Formationen.

Tiefbau von Metallminen

Szenario: Abbau von Eisenerz und Kupfererz, Tiefe 1500–3000 m, Temperatur 300–500 °C,

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

Stoßbelastung 10000–12000 N.
Anforderungen: Hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit, Druckfestigkeit 20–30 MPa.
Typische Produkte: Schneidwerkzeuge für Hartgestein, Sorte YC40, Temperaturbeständigkeit bis 550 °C.
Vorteile: hitzebeständig und verschleißfest.

Spezialanwendungen
Tiefenschürfen: Das Graben in Diamantschichten erfordert extrem hohe Zähigkeit.
Komplexe Schichten: Umgang mit abwechselnd weichen und harten Gesteinsschichten, die eine hohe Verformungsbeständigkeit erfordern.
Herausforderung: Ultratiefes (> 3000 m) oder ultrahartes Gestein stellt höhere Anforderungen an die Materialien.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses
Der Herstellungsprozess von mittel- und grobkörnigen Hartmetall-Tunnelbohrwerkzeugen kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsbearbeitungstechnologie, um ihre Leistung im Tunnelbau sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Prozessabläufe und technische Highlights:

Rohstoffaufbereitung
Pulvermischung: Mittel- oder grobkörniges WC (2–10 μm) und Co-Pulver verwenden, TaC und TiC zur Verbesserung der Zähigkeit hinzufügen, 24–48 Stunden in einer Kugelmühle mahlen und gleichmäßige Partikelgröße erzielen.
Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nano-Additive werden hinzugefügt, um die Dichte zu verbessern.

Formprozess
Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.
Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.
Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess
Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.
Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.
Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung
PVD: TiN- oder CrN -Beschichtung, 5-15 μm , verschleißfest.
CVD: TiAlN -Beschichtung, temperaturbeständig bis 600°C.
Polieren: Ra < 0,4 μm , reduziert die Schleifhaftung.

Präzisionsbearbeitung

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

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,02 mm, Bearbeitung der Schneide.
EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,1 μm .
Laserbearbeitung: Verbesserung der Schnittkantenqualität.

Qualitätsprüfung
Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.
Abriebtest: simulierter Stein, 1000 Stunden.
Schlagfestigkeitstest: 10.000 N, um Kantenabsplitterungen zu erkennen.
Ermüdungstest: 0–20 MPa, >10 ^{5}-mal.

5. Leistungsindikatoren
Verschleißfestigkeit: 0,04–0,06 mm³/N·m.
Schlagfestigkeit: 12-25 MPa·m^{1} / ^{2} .
Mechanische Festigkeit: 500°C, >450-550 MPa.
Ermüdungslebensdauer: >10 ^{5} mal.
Hitzebeständigkeit: 500 °C, Leistungsabfall <20 %.

Mittel- und grobkörnige Hartmetall-Baggerwerkzeuge haben durch fortschrittliche Verfahren und Anwendungsdesigns die Effizienz und Haltbarkeit des Grabens deutlich verbessert. Angesichts der steigenden Nachfrage nach Tiefbauarbeiten und komplexer geologischer Erschließung wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In seiner 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und erfüllt damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden in den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen. Wenn Sie mittel- und grobkörnige Hartmetall-Tunnelbohrwerkzeuge benötigen , bieten wir Ihnen gerne präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Hartmetall-Doppelspitzenkorn-Verbundwerkzeug

Überblick

Hartmetall-Verbundwerkzeuge mit bimodalem Korn sind hocheffiziente Werkzeuge für Präzisionsschnitte, die Metallbearbeitung und die Hochleistungsverarbeitung. Sie finden breite Anwendung in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau und im Formenbau. Diese Werkzeuge basieren auf bimodalem Hartmetall (einer Kombination aus feinkörnigen 0,5–2 μm und grobkörnigen 5–10 μm Partikeln, hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch Optimierung der Kornverteilung und des Verbundprozesses werden Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Bruchzähigkeit deutlich verbessert. Die Verarbeitungsumgebung umfasst Materialien mit hoher Härte (wie Titanlegierungen, gehärteter Stahl), hohe Schnittgeschwindigkeiten (100–300 m/min) und intermittierende Belastungen. Bei herkömmlichem Einkorn-Hartmetall ist die Balance zwischen Verschleißfestigkeit und Zähigkeit schwierig, daher sind bimodale Verbundwerkzeuge die ideale Wahl. Dieser Artikel erläutert die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail, um die technischen Vorteile in der modernen Verarbeitung aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Feine Körner bieten eine Härte von HV 1800–2000, grobe Körner verbessern die allgemeine Verschleißfestigkeit und die Verschleißrate wird auf 0,02–0,04 mm³/N·m kontrolliert, was für hochpräzises und schnelles Schneiden geeignet ist.

Schlagfestigkeit und Zähigkeit

Die bimodale Kornstruktur verleiht eine Bruchzähigkeit von 15-22 MPa·m¹ / ², die Einkornlegierungen überlegen ist und intermittierenden Belastungen (5000-10000 N) ohne Absplittern standhält.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 600 MPa bei 600 °C, es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und Vibration auf und eignet sich für komplexe Schneidbedingungen.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Umgebungen mit hohen Schneidtemperaturen von 200–800 ℃ bei und widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe von Molybdän (Mo) oder Chrom (Cr) liegt die Korrosionsrate in kühlmittelhaltigen oder leicht sauren Umgebungen unter 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Hartmetall-Doppelspitzen-Verbundwerkzeuge wurden je nach Verarbeitungsanforderungen in verschiedenen Qualitäten entwickelt. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG10X-DP

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

Zusammensetzung: WC 90 %, Co 10 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 6–8 μm)
Eigenschaften: Härte HV 1850–1950, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 14,4 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m.
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Schneiden von Stahl mittlerer Härte (z. B. 45#-Stahl, AISI 1045), Schnittgeschwindigkeit 150–250 m/min, Stoßbelastung 5000–7000 N, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für allgemeines Drehen.
Vorteile: Sowohl Verschleißfestigkeit als auch Zähigkeit werden berücksichtigt , hohe Verarbeitungseffizienz und moderate Kosten.
Einschränkungen: Bei ultraharten Materialien etwas weniger haltbar.

YT15-DP

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 % (Feinkorn 0,5–1 μm + Grobkorn 7–9 μm)
Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 15–18 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,02 mm³/N·m.
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Schneiden von Edelstahl und hitzebeständigen Legierungen (wie Inconel 718), Schnittgeschwindigkeit 100–200 m/min, Stoßbelastung 6000–8000 N, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet für die Bearbeitung von Luftfahrtteilen.
Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, gute Schnittstabilität.
Einschränkungen: Etwas geringere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1-DP

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 5–7 μm)
Eigenschaften: Härte HV 1750–1850, Bruchzähigkeit 20–22 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1150 HV, Verschleißrate <0,025 mm³/N·m.
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Schneiden von gehärtetem Stahl (z. B. HRC 50–60) und Titanlegierungen, Schnittgeschwindigkeit 120–180 m/min, Stoßbelastung 8000–10000 N, Temperaturbeständigkeit 700 °C, geeignet für die Formenbearbeitung.
Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Verschleiß, geeignet für Materialien mit hoher Härte.
Einschränkungen: Hohe Kosten, erfordert Präzisionsschleifen.

YC30-DP

Zusammensetzung: WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 % (Feinkorn 0,5–1,5 μm + Grobkorn 8–10 μm)
Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 11,2 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m.
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Schneiden von hochhartem Gusseisen und Hartmetall, Schnittgeschwindigkeit 100–150 m/min, Schlaglast 7000–9000 N, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet für schwere Schnitte.
Vorteile: hitze- und schlagfest, für unterbrochenes Schneiden geeignet.
Einschränkungen: Mäßige Verschleißfestigkeit, erfordert Beschichtungsunterstützung.

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

YG20-DP

Zusammensetzung: WC 80 %, Co 20 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 6–8 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 22-25 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,035 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Schneiden von Aluminiumlegierungen und Weichstahl, Schnittgeschwindigkeit 200–300 m/min, Stoßbelastung 6000–8000 N, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für Hochgeschwindigkeitsbearbeitung.

Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen große Verformungen, geeignet für geringe Belastung und hohe Geschwindigkeit.

Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

3. Anwendungsdetails

Hartmetall-Doppelkorn-Verbundwerkzeuge spielen in verschiedenen Verarbeitungsbereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach Materialbeschaffenheit und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Luft- und Raumfahrtverarbeitung

Szenario: Schneiden von Titanlegierung und Inconel 718, Schnittgeschwindigkeit 100–200 m/min, Temperatur 400–600 °C.

Anforderungen: Hohe Temperaturbeständigkeit und Haftfestigkeit, Druckfestigkeit 10-20 MPa.

Typische Produkte: Drehwerkzeuge und Fräser, Sorte YT15-DP, Verschleißfestigkeit <0,02 mm³/N·m.

Vorteile: Hohe Stabilität, reduzierte Kantenausbrüche.

Automobilindustrie

Szenario: Schneiden von 45#-Stahl und Gusseisen, Schnittgeschwindigkeit 150–250 m/min, Temperatur 200–400 °C.

Anforderungen: Verschleiß- und Schlagfestigkeit, Druckfestigkeit 15–25 MPa.

Typische Produkte: Drehwerkzeuge, Sorte YG10X-DP, Schlagfestigkeit 7000 N.

Vorteile: effizientes Schneiden und lange Lebensdauer.

Formenbearbeitung

Szenario: Schneiden von gehärtetem Stahl (HRC 50–60), Schnittgeschwindigkeit 120–180 m/min, Temperatur 300–700 °C.

Anforderungen: Hohe Temperaturbeständigkeit und Härte, Druckfestigkeit 20–30 MPa.

Typische Produkte: Fräser und Bohrer in der Sorte YW1-DP, temperaturbeständig bis 700 °C.

Vorteile: Beständigkeit gegen thermische Rissbildung, hohe Präzision.

Spezialanwendungen

Präzisionsbearbeitung: Das Schneiden von beschichteten Materialien mit hoher Härte erfordert eine extrem hohe Verschleißfestigkeit.

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

Intermittierendes Schneiden: Bearbeitung intermittierender Werkstücke, die Schlagfestigkeit erfordert.
Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (>800°C) oder ultraharte Materialien stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

Der Herstellungsprozess von Hartmetall-Doppelspitzen-Verbundwerkzeugen kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsbearbeitungstechnologie, um die Leistung in Schneidumgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Informationen zum Prozessablauf und den technischen Details:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Wählen Sie feinkörniges WC (0,5–2 μm) und grobkörniges WC (5–10 μm), Co-Pulver, fügen Sie TaC und TiC hinzu, um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und klassieren Sie die Partikelgröße gleichmäßig.
Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nanoadditive werden verwendet, um die bimodale Verteilung zu steuern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.
Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.
Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, um Verunreinigungen zu entfernen und das Kornwachstum zu kontrollieren.
Flüssigphasensintern: Co schmilzt und bildet eine bimodale Struktur, wodurch Zähigkeit und Härte optimiert werden.
Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder AlTiN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.
Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 800° C.
Polieren: Ra < 0,2 μm , wodurch die Chiphaftung verringert wird.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung der Schneide.
EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .
Laserbearbeitung: Verbesserung der Schnittkantengenauigkeit.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.
Verschleißtest: simuliertes Schneiden, 1000 Minuten.
Schlagprüfung: 8000 N, um Absplitterungen festzustellen.
Ermüdungstest: 0–15 MPa, >10 ^{5}-mal.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,02–0,04 $mm^3/N·m$.

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

Schlagfestigkeit: 15-22 MPa·m¹ / ².
Mechanische Festigkeit: 600°C, >600 MPa.
Ermüdungslebensdauer: >10 ⁵ mal.
Hitzebeständigkeit: 800 °C, Leistungsabfall <15 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Optimieren Sie das Fein-Grobkorn-Verhältnis und fügen Sie TaC / TiC hinzu , um die Leistung zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Lösungsglühen + Altern, Kontrolle der Kornverteilung.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,2 μm , Nanobeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Klingenformen, KI-optimierte Sinterparameter.

Hartmetall-Doppelkorn-Verbundwerkzeuge haben durch fortschrittliche Verfahren und Anwendungsdesign die Schneidleistung und Haltbarkeit deutlich verbessert. Da die Nachfrage nach Hochleistungsverarbeitung steigt, wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte als Hersteller von Hartmetall hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Bereichen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen erfüllt. Benötigen Sie Hartmetall-Doppelkorn-Verbundwerkzeuge ? Wir bieten Ihnen gerne präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Verschleißfeste Matrize aus Hartlegierung mit Doppelspitzenkorn

Überblick

Verschleißfeste Formen aus Hartmetall mit zweifacher Körnung sind Hochleistungsformen für hochpräzise Stanz-, Zieh- und Umformprozesse. Sie finden breite Anwendung in der Automobil- und Elektronikfertigung sowie in der Präzisionsfertigung. Diese Formen basieren auf Hartmetall mit zweifacher Körnung (einer Kombination aus feinkörnigen Partikeln (0,5–2 μm) und grobkörnigen Partikeln (5–10 μm) , hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch optimierte Kornverteilung und Verbundprozesse werden Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Ermüdungsbeständigkeit deutlich verbessert. Die Formgebung erfolgt unter Einsatz von Materialien mit hoher Härte (wie Edelstahl, Wolframstahl), hohem Druck (50–200 MPa) und hohen Temperaturen (200–700 °C). Bei herkömmlichem Hartmetall mit einfacher Körnung ist die Balance zwischen Verschleißfestigkeit und Zähigkeit schwierig, weshalb verschleißfeste Formen mit zweifacher Körnung die ideale Wahl sind. Dieser Artikel erläutert die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail, um die technischen Vorteile in der Umformung aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Feine Körner bieten eine Härte von HV 1800–2000, grobe Körner verbessern die allgemeine Verschleißfestigkeit und die Verschleißrate wird auf 0,01–0,03 $mm^3/N \cdot m$ kontrolliert, was für hochpräzises Formen und Langzeitgebrauch geeignet ist.

Schlagfestigkeit und Zähigkeit

Die bimodale Kornstruktur verleiht eine Bruchzähigkeit von 15-22 $MPa \cdot m^{1/2}$ und ist in der Lage, hohen Druck- (50-200 MPa) und Stoßbelastungen (5000-10000 N) standzuhalten, ohne zu reißen.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 600 MPa bei 600 °C, es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und zyklische Belastungen auf und eignet sich für wiederholtes Stanzen oder Dehnen.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Hochtemperatur-Formumgebungen von 200–700 °C bei und widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe von Molybdän (Mo) oder Chrom (Cr) liegt die Korrosionsrate in kühlmittelhaltigen oder leicht sauren Umgebungen unter 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Verschleißfeste Hartmetallformen mit Doppelspitzenkorn wurden je nach Verarbeitungsanforderungen in verschiedenen Qualitäten entwickelt. Im Folgenden sind die Haupttypen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG10X-DP

Zusammensetzung: WC 90 %, Co 10 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 6–8 μm)

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

Eigenschaften: Härte HV 1850–1950, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 14,4 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,02 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen von Materialien mittlerer Härte (wie kaltgewalzte Stahlplatten, Aluminiumlegierungen), Druck 50–100 MPa, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für die Blechformung von Automobilen.

Vorteile: Verschleißfestigkeit und Zähigkeit zugleich, hohe Verarbeitungspräzision und moderate Kosten.

Einschränkungen: Weniger haltbar bei sehr hohem Druck.

YT15-DP

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 % (Feinkorn 0,5–1 μm + Grobkorn 7–9 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 15–18 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,015 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Dehnen von Edelstahl und hitzebeständigen Legierungen (wie Inconel 718), Druck 100–150 MPa, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet zum Stanzen elektronischer Komponenten.

Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, gute Formstabilität.

Einschränkungen: Etwas geringere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1-DP

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 5–7 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1750–1850, Bruchzähigkeit 20–22 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1150 HV, Verschleißrate <0,01 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Formen von gehärtetem Stahl (z. B. HRC 50–60) und Wolframstahl, Druck 150–200 MPa, Temperaturbeständigkeit 700 °C, geeignet für die Herstellung von Präzisionsformen.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Verschleiß, geeignet für Materialien mit hoher Härte.

Einschränkungen: Hohe Kosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YC30-DP

Zusammensetzung: WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 % (Feinkorn 0,5–1,5 μm + Grobkorn 8–10 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 11,2 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Formen von hochhartem Gusseisen und Hartmetall, Druck 100–150 MPa, Temperaturbeständigkeit 600 °C, geeignet für schweres Stanzen.

Vorteile: Hitze- und schlagfest, geeignet für Hochdruckformen.

Einschränkungen: Mäßige Verschleißfestigkeit, erfordert Beschichtungsunterstützung.

YG20-DP

Zusammensetzung: WC 80 %, Co 20 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 6–8 μm)

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

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 22-25 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,025 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Formen von Aluminiumlegierungen und Weichstahl, Druck 50–100 MPa, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für leichte Belastungen und hochpräzises Stanzen.

Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen große Verformungen, geeignet für komplexe Formen.

Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

3. Anwendungsdetails

Verschleißfeste Hartmetallformen mit Doppelspitzenkorn spielen in verschiedenen Verarbeitungsbereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach Materialbedingungen und Prozessanforderungen. Nachfolgend finden Sie eine detaillierte Analyse:

Herstellung von Autoteilen

Szenario: Stanzen von kaltgewalzten Stahlplatten und Aluminiumlegierungen, Druck 50–100 MPa, Temperatur 200–400 °C.

Anforderungen: Verschleiß- und Stoßfestigkeit, hohe Haltbarkeit.

Typische Produkte: Stanzwerkzeuge aus der Sorte YG10X-DP, Verschleißfestigkeit <0,02 mm³/N·m.

Vorteile: hohe Präzision und lange Lebensdauer.

Verarbeitung elektronischer Komponenten

Anwendung: Strecken von Edelstahl und Kupferlegierungen bei Drücken von 100–150 MPa und Temperaturen von 300–500 °C.

Anforderungen: Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Haftung, stabile Druckbeständigkeit.

Typische Produkte: Streckmatrizen, Güte YT15-DP, Temperaturbeständigkeit 600 °C.

Vorteile: Hohe Abformgenauigkeit und reduzierte Haftung.

Präzisionsformenbau

Anwendung: Umformen von gehärtetem Stahl und Wolframstahl, Druck 150-200 MPa, Temperatur 400-700°C.

Anforderungen: hohe Temperaturbeständigkeit, Härte und Dauerfestigkeit.

Typische Produkte: Präzisionsstanzform, Güte YW1-DP, Druckfestigkeit 200 MPa.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und hohe Haltbarkeit.

Spezialanwendungen

Komplexe Formgebung: Verarbeitung mehrfach gekrümmter Werkstücke, die einer Verformung standhalten müssen.

Hochdruckstanzen: Die Umformung hochfester Werkstoffe erfordert eine ultrahohe Zähigkeit.

Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (> 700 °C) oder ultrahohe Drücke (> 200 MPa) stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

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

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

Der Herstellungsprozess von verschleißfesten Hartmetallformen mit Doppelspitzenkorn kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsbearbeitungstechnologie, um die Leistung in der Formumgebung sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie den detaillierten Prozessablauf und die technischen Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Wählen Sie feinkörniges WC (0,5–2 μm) und grobkörniges WC (5–10 μm), Co-Pulver, fügen Sie TaC und TiC hinzu, um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und klassieren Sie die Partikelgröße gleichmäßig.

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nanoadditive werden verwendet, um die bimodale Verteilung zu steuern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, um Verunreinigungen zu entfernen und das Kornwachstum zu kontrollieren.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt und bildet eine bimodale Struktur, wodurch Zähigkeit und Härte optimiert werden.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder AlTiN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 800° C.

Polieren: Ra < 0,1 μm , um die Werkstückhaftung zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung der Formfläche.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .

Laserbearbeitung: Verbessern Sie die Oberflächengenauigkeit.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Verschleißtest: simuliertes Stempeln, 1000 Mal.

Druckprüfung: 200 MPa, um Verformungen festzustellen.

Ermüdungstest: 0–100 MPa, $>10^5$-mal.

5. Leistungsindikatoren

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

Verschleißfestigkeit: 0,01–0,03 $mm^3/N·m$.
Schlagfestigkeit: 15-22 $MPa·m^{1/2}$.
Mechanische Festigkeit: 600°C, >600 MPa.
Ermüdungslebensdauer: $>10^5$ mal.
Hitzebeständigkeit: 700 °C, Leistungsabfall <15 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Optimieren Sie das Fein-Grobkorn-Verhältnis und fügen Sie TaC / TiC hinzu , um die Leistung zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Lösungsglühen + Altern, Kontrolle der Kornverteilung.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,1 μm , Nanobeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Formen, KI-optimierte Sinterparameter.

Die verschleißfeste Hartmetallform mit Doppelspitzenkorn hat durch fortschrittliche Technologie und Anwendungsdesign die Formeffizienz und Haltbarkeit deutlich verbessert. Mit der steigenden Nachfrage nach hochpräzisen und komplexen Formen wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In der 30-jährigen Geschichte der Hartmetallherstellung hat die CTIA GROUP LTD eine große Anzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden in den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen erfüllt . Wenn Sie verschleißfeste Formen aus Hartmetall mit doppelter Kornspitze benötigen, bieten wir Ihnen gerne präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen an!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Hartmetall-Ölbohrwerkzeuge mit doppelter Spitzenkörnung

Überblick

Hartmetall-Ölbohrwerkzeuge mit bimodaler Körnung sind Hochleistungsbohrer, die für die Exploration und Erschließung von Öl- und Gasvorkommen entwickelt wurden. Sie werden häufig beim Bohren von Tiefbrunnen, ultratiefen Brunnen und komplexen Formationen (wie Hartgestein und Sandschichten) eingesetzt. Diese Bohrwerkzeuge basieren auf Hartmetall mit bimodaler Körnung (eine Kombination aus feinkörnigen 0,5–2 μm und grobkörnigen 5–10 μm Partikeln, hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch Optimierung der Kornverteilung und des Verbundprozesses werden Verschleißfestigkeit, Schlagzähigkeit und Bruchfestigkeit deutlich verbessert. Die Bohrumgebung umfasst Gesteinsformationen mit hoher Härte (Mohshärte 6–9), hohen Drücken (20–50 MPa), hohen Temperaturen (200–500 °C) und korrosiven Medien (wie H_2 S, CO_2) . Bei herkömmlichen Bohrwerkzeugen mit einkörniger Körnung ist es schwierig, Verschleißfestigkeit und Zähigkeit in Einklang zu bringen In diesem Artikel werden die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail erörtert, um die technischen Vorteile bei der Ölförderung aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Feine Körner bieten eine Härte von HV 1800–2000, grobe Körner verbessern die allgemeine Verschleißfestigkeit und die Verschleißrate wird auf 0,02–0,04 $mm^3/N·m$ kontrolliert, was zum Bohren von Felsformationen mit hoher Härte geeignet ist.

Schlagfestigkeit und Zähigkeit

Die bimodale Kornstruktur verleiht eine Bruchzähigkeit von 15-22 $MPa·m^{1/2}$ und ist in der Lage, hohen Stoßbelastungen (5000-12000 N) und Vibrationen standzuhalten, ohne zu brechen.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 600 MPa bei 500 °C, es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und zyklische Belastungen auf und eignet sich für komplexe Arbeitsbedingungen in Tiefbrunnen.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Hochtemperatur-Bohrumgebungen von 200–500 °C bei und widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe von Molybdän (Mo) oder Chrom (Cr) beträgt die Korrosionsrate in korrosiven Umgebungen mit H_2S oder CO_2 weniger als 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Hartmetall-Doppelspitzen-Ölbohrwerkzeuge wurden je nach Bohrbedarf in verschiedenen Qualitäten entwickelt. Im Folgenden sind die Haupttypen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG10X-DP

Zusammensetzung: WC 90 %, Co 10 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 6–8 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1850–1950, Bruchzähigkeit 18–20 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,4 g/cm^3,

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

Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren mittelharter Gesteinsformationen (wie Sandstein und Mergel), Bohrtiefe von 1000–3000 m, Druck von 20–30 MPa, Temperaturbeständigkeit von 400 °C, geeignet für konventionelle Öl- und Gasfelder.

Vorteile: Es vereint Verschleißfestigkeit und Zähigkeit, hat eine stabile Bohrgeschwindigkeit und moderate Kosten.

Einschränkungen: Weniger haltbar in sehr hartem Gestein oder bei hohen Temperaturen.

YT15-DP

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 % (Feinkorn 0,5–1 μm + Grobkorn 7–9 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 15–18 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,02 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren hitzebeständiger Gesteinsformationen (wie Vulkangestein und metamorphes Gestein), Bohrtiefe 3000–5000 m, Druck 30–40 MPa, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für Hochtemperatur-Ölreservoirs.

Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, lange Lebensdauer des Bohrers.

Einschränkungen: Etwas geringere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1-DP

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 5–7 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1750-1850, Bruchzähigkeit 20-22 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1150 HV, Verschleißrate <0,025 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren von gehärteten Gesteinsformationen (wie Quarzit und Diabas), Bohrtiefe 5000–8000 m, Druck 40–50 MPa, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für ultratiefe Brunnen.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Verschleiß, geeignet für komplexe Formationen.

Einschränkungen: Hohe Kosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YC30-DP

Zusammensetzung: WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 % (Feinkorn 0,5–1,5 μm + Grobkorn 8–10 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 18–20 MPa·m¹ / ², Dichte 11,2 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 55 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,04 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren von hochhartem Gusseisen und sandhaltigen Schichten, Bohrtiefe 2000–4000 m, Druck 25–35 MPa, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet für Sandsteinölfelder.

Vorteile: hitze- und schlagfest, geeignet für intermittierendes Bohren.

Einschränkungen: Mäßige Verschleißfestigkeit, erfordert Beschichtungsunterstützung.

YG20-DP

Zusammensetzung: WC 80 %, Co 20 % (Feinkorn 1–2 μm + Grobkorn 6–8 μm)

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 22-25 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³,

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

Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (500°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,035 $mm^3/N·m$.
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Bohren in weichen und harten Wechselschichten (z. B. Kohleflöze mit Gangart), Bohrtiefe 1000–3000 m, Druck 20–30 MPa, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für die Förderung von Kohleflözgas.
Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Beständigkeit gegen große Verformungen, geeignet für komplexe Arbeitsbedingungen.
Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

3. Anwendungsdetails

Bimodale Hartmetall-Ölbohrwerkzeuge spielen in verschiedenen Bohrfeldern eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach geologischen Bedingungen und betrieblichen Anforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Konventionelle Öl- und Gasfeldbohrungen

Szenario: Bohrung in Sandstein und Mergel, Tiefe 1000–3000 m, Temperatur 200–400 °C, Druck 20–30 MPa.
Anforderungen: Verschleiß- und Schlagfestigkeit, stabile Bohrgeschwindigkeit.
Typische Produkte: PDC-Bohrer, Sorte YG10X-DP, Verschleißfestigkeit <0,03 $mm^3/N·m$.
Vorteile: effizientes Bohren und lange Lebensdauer.

Hochtemperatur-Lagerstättenbohrungen

Szenario: Bohren von vulkanischem und metamorphem Gestein, Tiefe 3000–5000 m, Temperatur 400–500 °C, Druck 30–40 MPa.
Anforderungen: Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Haftung, stabile Druckbeständigkeit.
Typische Produkte: Verbundbohrer, Sorte YT15-DP, Temperaturbeständigkeit 500 °C.
Vorteile: Hohe Temperaturstabilität, geringerer Verschleiß.

Ultratiefes Bohren von Brunnen

Szenario: Bohren von Quarzit und Diabas, Tiefe 5000–8000 m, Temperatur 400–500 °C, Druck 40–50 MPa.
Anforderungen: hohe Temperaturbeständigkeit, Härte und Dauerfestigkeit.
Typische Produkte: Rollenfräser, Güte YW1-DP, mit einer Druckfestigkeit von 50 MPa.
Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und hohe Haltbarkeit.

Spezialanwendungen

Schwefelbohrungen: Umgang mit H_2S- Formationen, die Korrosionsbeständigkeit erfordern.
Komplexe Formationen: Das Bohren in abwechselnd weiche und harte Schichten erfordert Widerstand gegen Verformung.
Herausforderung: Ultratiefe (> 8000 m) oder ultrahohe Temperaturen (> 500 °C) stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

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

Der Herstellungsprozess von Hartmetall-Doppelspitzen-Ölbohrwerkzeugen kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um die Leistung in Bohrumgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Informationen zum Prozessablauf und den technischen Punkten:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Wählen Sie feinkörniges WC (0,5–2 μm) und grobkörniges WC (5–10 μm), Co-Pulver, fügen Sie TaC und TiC hinzu, um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und klassieren Sie die Partikelgröße gleichmäßig.

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nanoadditive werden verwendet, um die bimodale Verteilung zu steuern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, um Verunreinigungen zu entfernen und das Kornwachstum zu kontrollieren.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt und bildet eine bimodale Struktur, wodurch Zähigkeit und Härte optimiert werden.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder AlTiN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 600° C.

Polieren: Ra < 0,2 μm , um die Anhaftung von Steinschlägen zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung der Schnittfläche.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .

Laserbearbeitung: Verbesserung der Schnittkantengenauigkeit.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Verschleißtest: simuliertes Bohren, 1000 Stunden.

Schlagfestigkeitstest: 10.000 N, um Kantenabsplitterungen zu erkennen.

Druckprüfung: 50 MPa, um Verformungen festzustellen.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,02–0,04 $mm^3/N \cdot m$.

Schlagfestigkeit: 15-22 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Mechanische Festigkeit: 500°C, >600 MPa.

Ermüdungslebensdauer: $>10^5$ mal.

Hitzebeständigkeit: 500 °C, Leistungsabfall <15 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

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

Legierungsformel: Optimieren Sie das Fein-Grobkorn-Verhältnis und fügen Sie TaC / TiC hinzu , um die Leistung zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Lösungsglühen + Altern, Kontrolle der Kornverteilung.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,2 μm , Korrosionsschutzbeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Klingenformen, KI-optimierte Sinterparameter.

Bohrwerkzeuge aus bimodalem Hartmetall für die Ölförderung haben durch fortschrittliche Technologie und Anwendungsdesign die Bohrleistung und Haltbarkeit deutlich verbessert. Angesichts der steigenden Nachfrage nach ultratiefen Bohrungen und der Entwicklung komplexer Formationen wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte als Hersteller von Hartmetall hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen erfüllt. Benötigen Sie Hartmetall-Ölbohrwerkzeuge mit Doppelspitzenkorn ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:
Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Verschleißfeste Hartmetall-Stanzwerkzeuge

Überblick

Verschleißfeste Hartmetall-Stanzwerkzeuge sind Hochleistungswerkzeuge für hochfeste Stanzprozesse. Sie finden breite Anwendung im Automobilbau, der Produktion elektronischer Bauteile und der Blechbearbeitung. Diese Werkzeuge basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid WC und Kobalt Co) und verbessern durch optimierte Legierungszusammensetzung und Oberflächenhärtung die Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Ermüdungsbeständigkeit deutlich. Beim Stanzprozess werden Materialien mit hoher Härte (wie Edelstahl, kaltgewalzter Stahl), hoher Druck (50–200 MPa) und wiederholte Belastungen (mehr als eine Million Mal) eingesetzt. Herkömmliche Stahlwerkzeuge können die Anforderungen aufgrund von Verschleiß und Rissbildung nur schwer erfüllen. Daher ist verschleißfestes Hartmetall die ideale Wahl. Dieser Artikel erläutert die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail, um die technischen Vorteile in der Stanzverarbeitung aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt bei HV 1600–2000 und die Verschleißrate wird auf 0,01–0,03 $mm^3/N·m$ kontrolliert. Es eignet sich für hochpräzises und hochfrequentes Stanzen und verlängert die Lebensdauer der Form erheblich.

Schlagfestigkeit und Zähigkeit

Die Bruchzähigkeit beträgt 12-18 $MPa·m^{1/2}$ und es reißt nicht so leicht, selbst wenn es hohen Stoßbelastungen (5000-10000 N) und wiederholtem Stempeln standhält.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 550 MPa bei 600 °C und es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und zyklische Belastungen auf, sodass es für die kontinuierliche Produktion geeignet ist.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Hochtemperatur-Stanzumgebungen von 200–600 °C bei und widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe von Chrom (Cr) oder Molybdän (Mo) liegt die Korrosionsrate in kühlmittelhaltigen oder leicht sauren Umgebungen unter 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Verschleißfeste Hartmetall-Stanzwerkzeuge gibt es in verschiedenen Qualitäten, je nach Verarbeitungsanforderungen. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6X

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 14–16 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,9 g/cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 80 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,02

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

mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen von Materialien mittlerer Härte (wie kaltgewalzter Stahl, Aluminiumlegierung), Druck 50–100 MPa, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet zum Stanzen von Automobilblechen.

Vorteile: hohe Verschleißfestigkeit, hohe Präzision, moderate Kosten.

Einschränkungen: Die Zähigkeit ist etwas geringer und eine Designoptimierung ist erforderlich.

YG8

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 16–18 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,025 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen von Materialien mittlerer und hoher Härte (wie verzinktem Stahl, Edelstahl), Druck 100–150 MPa, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet zum Formen von Gehäusen für Haushaltsgeräte.

Vorteile: Ausgewogene Verschleißfestigkeit und Zähigkeit, starke Haltbarkeit.

Einschränkung: Bei extrem hohen Drücken ist eine Beschichtungsunterstützung erforderlich.

YT15

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1750-1850, Bruchzähigkeit 12-14 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,015 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen hitzebeständiger Materialien (wie Edelstahl, Titanlegierung), Druck 150–200 MPa, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet zum Stanzen elektronischer Komponenten.

Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, gute Formstabilität.

Einschränkungen: Etwas schwächere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 15–17 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,01 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen von gehärtetem Stahl (z. B. HRC 50–60) und hochfesten Legierungen, Druck 150–200 MPa, Temperaturbeständigkeit 550 °C, geeignet für Präzisionsstanzen.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Verschleiß, geeignet für Materialien mit hoher Härte.

Einschränkungen: Hohe Kosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YG20

Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 18-20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m.

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

Anwendbare Szenarien: Geeignet zum Stanzen weicher Materialien (wie Aluminiumlegierungen, Kupferlegierungen), Druck 50–100 MPa, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet zum Stanzen mit geringer Belastung.
Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen große Verformungen, geeignet für komplexe Formen.
Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

3. Anwendungsdetails

Verschleißfeste Hartmetall-Stanzwerkzeuge spielen in verschiedenen Verarbeitungsbereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach Materialbeschaffenheit und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Herstellung von Autoteilen

Szenario: Stanzen von kaltgewalzten Stahlblechen und verzinktem Stahl, Druck 50–100 MPa, Temperatur 200–400 °C.
Anforderungen: Verschleiß- und Stoßfestigkeit, hohe Haltbarkeit.
Typische Produkte: Stanzwerkzeuge aus der Sorte YG6X, Verschleißfestigkeit <0,02 $mm^3/N \cdot m$.
Vorteile: hohe Präzision und lange Lebensdauer.

Verarbeitung elektronischer Komponenten

Szenario: Stanzen von Edelstahl und Kupferlegierungen, Druck 100–150 MPa, Temperatur 300–500 °C.
Anforderungen: Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Haftung, stabile Druckbeständigkeit.
Typische Produkte: Präzisionsstanzwerkzeuge aus der Güteklasse YT15, Temperaturbeständigkeit 500 °C.
Vorteile: Hohe Abformgenauigkeit und reduzierte Haftung.

Präzisionsstanzfertigung

Anwendung: Pressen von gehärtetem Stahl und Wolframstahl, Druck 150–200 MPa, Temperatur 400–550 °C.
Anforderungen: hohe Temperaturbeständigkeit, Härte und Dauerfestigkeit.
Typische Produkte: Hochfeste Stanzform aus der Güte YW1 mit einer Druckfestigkeit von 200 MPa.
Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und hohe Haltbarkeit.

Spezialanwendungen

Komplexe Formgebung: Verarbeitung mehrfach gekrümmter Werkstücke, die einer Verformung standhalten müssen.
Hochfrequenzprägen: Millionen von Prägevorgängen, extrem hohe Verschleißfestigkeit ist erforderlich.
Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (> 600 °C) oder ultrahohe Drücke (> 200 MPa) stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

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

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

Der Herstellungsprozess verschleißfester Hartmetall-Stanzwerkzeuge kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um die Leistung in Stanzumgebungen sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie detaillierte Prozessabläufe und technische Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Verwenden Sie hochreine WC- und Co-Pulver, fügen Sie TiC und TaC hinzu , um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm .

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nanoadditive werden hinzugefügt, um die Dichte zu verbessern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder AlTiN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 600° C.

Polieren: Ra < 0,1 μm , um die Werkstückhaftung zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung der Formfläche.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .

Laserbearbeitung: Verbessern Sie die Oberflächengenauigkeit.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Verschleißtest: simuliertes Stempeln, 1000 Mal.

Druckprüfung: 200 MPa, um Verformungen festzustellen.

Ermüdungstest: 0–100 MPa, $>10^6$-fach.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,01–0,03 $mm^3/N \cdot m$.

Schlagfestigkeit: 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

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

Mechanische Festigkeit: 600°C, >550 MPa.
Ermüdungslebensdauer: >10 ⁶ mal.
Hitzebeständigkeit: 600 °C, Leistungsabfall <15 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Co-Gehalt und fügen Sie TiC / TaC hinzu , um die Zähigkeit und Hitzebeständigkeit zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,1 μm , Nanobeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Formen, KI-optimierte Sinterparameter.

Verschleißfeste Stanzwerkzeuge aus Hartmetall haben durch fortschrittliche Verfahren und Anwendungsdesign die Stanzeffizienz und Haltbarkeit deutlich verbessert. Da die Nachfrage nach hochfesten und komplexen Stanzteilen steigt, wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte als Hersteller von Hartmetall hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen erfüllt. Benötigen Sie verschleißfeste Stanzwerkzeuge aus Hartmetall ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Lösungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Verschleißfeste Hartmetall -Gleitringdichtung

Überblick

Verschleißfeste Gleitringdichtungen aus Hartmetall sind Hochleistungsdichtungen für die Chemie-, Erdöl-, Energie- und Wasseraufbereitungsindustrie und finden breite Anwendung in Anlagen wie Pumpen, Kompressoren und Reaktoren. Diese Dichtungen basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co)) und weisen durch optimierte Legierungszusammensetzungen und Oberflächenbehandlungsverfahren eine deutlich verbesserte Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Druckbeständigkeit auf. Die Umgebungsbedingungen für Gleitringdichtungen sind hohen Drücken (10–50 MPa), hohen Temperaturen (200–600 °C), hohen Drehzahlen (500–3000 U/min) und korrosiven Medien (wie Säuren, Basen und sandhaltigen Flüssigkeiten) ausgesetzt. Herkömmliche Materialien wie Siliziumkarbid oder Keramik neigen unter extremen Bedingungen zu Verschleiß oder Rissbildung, weshalb verschleißfestes Hartmetall die ideale Wahl ist. Dieser Artikel erläutert die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail und zeigt die technischen Vorteile in Dichtungsanwendungen auf.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt bei HV 1600–2000 und die Verschleißrate wird auf 0,01–0,03 $mm^3/N·m$ kontrolliert. Es eignet sich zum Abdichten von schnelllaufenden und partikelhaltigen Medien und verlängert die Lebensdauer erheblich.

Schlagfestigkeit und Zähigkeit

Die Bruchzähigkeit beträgt 12-18 $MPa·m^{1/2}$ und es kommt auch bei hohen Druck- und Stoßbelastungen (5000-8000 N) nicht so leicht zum Reißen.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 550 MPa bei 600 °C und es ist äußerst widerstandsfähig gegen thermische Ermüdung und Vibration und für den Dauerbetrieb geeignet.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Hochtemperaturumgebungen von 200–600 °C bei, widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit

Die Korrosionsrate in sauren, alkalischen, H_2S- oder CO_2-Umgebungen beträgt weniger als 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Verschleißfeste Hartmetall-Gleitringdichtungen gibt es in verschiedenen Ausführungen, je nach Anwendungsanforderungen. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 14–16 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,9 g/cm^3,

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

Wärmeleitfähigkeit ca. 80 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,02 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten von mittleren und schwach korrosiven Medien (wie Wasser und Öl), Druck 10–20 MPa, Geschwindigkeit 500–1500 U/min, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für Wasserpumpen und Ölpumpen.

Vorteile: hohe Verschleißfestigkeit, hohe Präzision, moderate Kosten.

Einschränkungen: Bei starker Korrosion oder hohen Temperaturen ist eine Beschichtungsunterstützung erforderlich.

YG8

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 16–18 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,025 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten mittlerer und stark korrosiver Medien (wie schwache Säuren und schwache Laugen), Druck 20–30 MPa, Geschwindigkeit 1000–2000 U/min, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet für Chemiepumpen.

Vorteile: Ausgewogene Verschleißfestigkeit und Zähigkeit, starke Haltbarkeit.

Einschränkung: Bei extrem hohen Drücken ist eine zusätzliche Verstärkung erforderlich.

YT15

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1750-1850, Bruchzähigkeit 12-14 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,015 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten hitzebeständiger Medien (wie Hochtemperaturöl, Dampf), Druck 30–40 MPa, Geschwindigkeit 1500–2500 U/min, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für Hochtemperaturreaktoren.

Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, gute Dichtungsstabilität.

Einschränkungen: Etwas schwächere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 15–17 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,01 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten hochkorrosiver Medien (wie z. B. H_2S-haltiges Öl und Gas) , Druck 40–50 MPa, Drehzahl 2000–3000 U/min, Temperaturbeständigkeit 550 °C, geeignet für Ölbohrpumpen.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Korrosion, geeignet für extreme Bedingungen.

Einschränkungen: Hohe Kosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YG20

Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 18-20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,03

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

mm³/N·m.
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten von partikelhaltigen Medien (wie Schlamm, Mörtel), Druck 20–30 MPa, Geschwindigkeit 1000–2000 U/min, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für Wasseraufbereitungspumpen.
Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, starke Schlagfestigkeit, geeignet für komplexe Arbeitsbedingungen .
Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

3. Anwendungsdetails

Verschleißfeste Hartmetall-Gleitringdichtungen spielen in verschiedenen Industriebereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Einsatzmöglichkeiten variieren je nach Medienbedingungen und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Dichtungen für Wasser- und Ölpumpen

Szenario: Sperrwasser oder Schmieröl, Druck 10–20 MPa, Temperatur 20–400 °C, Drehzahl 500–1500 U/min.
Anforderungen: Verschleißfestigkeit und geringe Leckage, hohe Haltbarkeit.
Typische Produkte: Enddichtung, Güte YG6, Verschleißfestigkeit <0,02 mm³/N·m.
Vorteile: hohe Präzision und lange Lebensdauer.

Dichtung für Chemiepumpen

Szenario: Versiegelung mit schwacher Säure und schwacher Base, Druck 20–30 MPa, Temperatur 200–450 °C, Geschwindigkeit 1000–2000 U/min.
Anforderungen: Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit, Dichtungsstabilität.
Typische Produkte: Doppelseitige Dichtung, Güteklasse YG8, Temperaturbeständigkeit 450 °C.
Vorteile: Korrosionsschutz, reduzierte Leckage.

Dichtung für Ölbohrpumpen

Szenario: Abdichtung von H_2S – öl- und gashaltig, Druck 40–50 MPa, Temperatur 400–550 °C, Geschwindigkeit 2000–3000 U/min.
Anforderungen: Beständig gegen hohe Temperaturen, Korrosion und hohen Druck.
Typische Produkte: Hochdruckdichtungen der Güteklasse YW1 mit einer Druckfestigkeit von 50 MPa.
Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und hohe Haltbarkeit.

Spezialanwendungen

Dichtung der Schlammpumpe: verarbeitet sandige Medien und muss verschleißfest sein.
Hochgeschwindigkeitsdichtung: Wird in Kompressoren verwendet und muss vibrationsbeständig sein.
Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (> 600 °C) oder ultrahohe Drücke (> 50 MPa) stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

Der Herstellungsprozess verschleißfester Hartmetall-Gleitringdichtungen kombiniert

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

Materialwissenschaft und Präzisionsverarbeitungstechnologie, um ihre Leistung in einer abgedichteten Umgebung sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie den detaillierten Prozessablauf und die technischen Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Verwenden Sie hochreine WC- und Co-Pulver, fügen Sie TiC und TaC hinzu , um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm .

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nano-Additive werden hinzugefügt, um die Dichte zu verbessern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder CrN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 600° C.

Polieren: Ra < 0,1 μm , reduziert Reibung und Leckage.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung der Dichtfläche.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .

Laserbearbeitung: Verbesserung der Oberflächenebenheit.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Abriebtest: simulierte Versiegelung, 1000 Stunden.

Druckprüfung: 50 MPa, um Lecks zu erkennen.

Ermüdungsfestigkeitstest: 0–30 MPa, $>10^6$-fach.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,01–0,03 $mm^3/N \cdot m$.

Schlagfestigkeit: 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Mechanische Festigkeit: 600°C, >550 MPa.

Ermüdungslebensdauer: $>10^6$ mal.

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

Hitzebeständigkeit: 600 °C, Leistungsabfall <15 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Co-Gehalt und fügen Sie TiC / TaC hinzu , um die Zähigkeit und Hitzebeständigkeit zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht TiN + CrN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,1 μm , Korrosionsschutzbeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Formen, KI-optimierte Sinterparameter.

Verschleißfeste Hartmetall-Gleitringdichtungen haben durch fortschrittliche Verfahren und Anwendungsdesigns ihre Dichtleistung und Haltbarkeit deutlich verbessert. Angesichts der steigenden Nachfrage nach Hochdruck-, Hochtemperatur- und komplexer Medienverarbeitung wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte als Hersteller von Hartmetall hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen erfüllt. Benötigen Sie Gleitringdichtungen und Dichtringe aus Hartmetall? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Verschleißfeste Düse aus Hartmetall

Überblick

Verschleißfeste Hartmetalldüsen sind Hochleistungsdüsen für hohe Abnutzung und hohe Geschwindigkeiten sowie für korrosive Umgebungen. Sie werden häufig beim Sandstrahlen, Schneiden, Sprühen und in der chemischen Verarbeitung eingesetzt. Diese Düsen basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch Optimierung der Legierungsformel und des Oberflächenbehandlungsprozesses werden Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Erosionsbeständigkeit deutlich verbessert. Die Düsen kommen in Umgebungen mit hohen Mediengeschwindigkeiten (wie Sand, Schleifmittel), hohem Druck (10–50 MPa), hohen Temperaturen (200–600 °C) und korrosiven Flüssigkeiten (wie Säuren und Laugen) zum Einsatz. Herkömmliche Materialien wie Keramik oder gehärteter Stahl neigen bei langfristiger Verwendung zu Verschleiß oder Ausfällen. Verschleißfeste Hartmetalldüsen sind daher die ideale Wahl. In diesem Artikel werden die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren dieser Düsen im Detail erörtert, um ihre technischen Vorteile bei Strahlanwendungen aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt bei HV 1600–2000 und die Verschleißrate wird auf 0,01–0,03 $mm^3/N·m$ kontrolliert, wodurch eine abrasive Erosion bei hoher Geschwindigkeit verhindert und die Lebensdauer erheblich verlängert werden kann.

Erosionsbeständigkeit und Zähigkeit

Die Bruchzähigkeit beträgt 12-18 $MPa·m^{1/2}$ und es hält hohem Druck und Partikeleinwirkung (5000-10000 N) stand, ohne zu brechen.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 550 MPa bei 600 °C, es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und Vibration auf und ist für die kontinuierliche Injektion geeignet.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Hochtemperaturumgebungen von 200–600 °C bei, widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe von Chrom (Cr) oder Molybdän (Mo) liegt die Korrosionsrate in sauren, alkalischen oder chloridhaltigen Medien unter 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Verschleißfeste Düsen aus Hartmetall gibt es in verschiedenen Ausführungen, je nach Anwendungsanforderungen. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 14–16 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,9 g/ cm^3,

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

Wärmeleitfähigkeit ca. 80 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,02 $mm^3/N·m$.

Anwendungsszenarien: Geeignet für Sandstrahlen und schwach korrosive Medien (wie Wasser, trockener Sand), Druck 10–20 MPa, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für die Oberflächenbehandlung.

Vorteile: hohe Verschleißfestigkeit, hohe Präzision, moderate Kosten.

Einschränkungen: Bei starker Korrosion oder hohen Temperaturen ist eine Beschichtungsunterstützung erforderlich.

YG8

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 16–18 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,7 g/ cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,025 $mm^3/N·m$.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Sprühen von Schleifmitteln mittlerer und hoher Härte (wie Stahlsand, Quarzsand), Druck 20–30 MPa, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet zum Metallschneiden.

Vorteile: Ausgewogene Verschleißfestigkeit und Zähigkeit, starke Haltbarkeit.

Einschränkung: Bei extrem hohen Drücken ist eine zusätzliche Verstärkung erforderlich.

YT15

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1750-1850, Bruchzähigkeit 12-14 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 11,5 g/ cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,015 $mm^3/N·m$.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Sprühen hitzebeständiger Medien (wie Hochtemperatur-Luftstrom, geschmolzenes Metall), Druck 30–40 MPa, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für thermisches Spritzen.

Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, gute Sprühstabilität.

Einschränkungen: Etwas schwächere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 15–17 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 12,8 g/ cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,01 $mm^3/N·m$.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Sprühen hochkorrosiver Medien (wie saurer Schlamm, H_2S-haltige Flüssigkeit) , Druck 40–50 MPa, Temperaturbeständigkeit 550 °C, geeignet für chemische Düsen.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Korrosion, geeignet für extreme Bedingungen.

Einschränkungen: Hohe Kosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YG20

Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 18-20 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 13,8 g/ cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,03

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

mm³/N·m.
Anwendungsszenarien: Geeignet zum Sprühen von Medien mit großen Partikeln (wie Schlamm, Kohlenschlacke), Druck 20–30 MPa, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet zum Sprühen in Minen.
Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, starke Schlagfestigkeit, geeignet für komplexe Arbeitsbedingungen.
Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

3. Anwendungsdetails

Verschleißfeste Hartmetalldüsen spielen in verschiedenen Industriebereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Einsatzmöglichkeiten variieren je nach Medienbedingungen und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Sandstrahlen und Oberflächenbehandlung

Anwendung: Trockenes Sand- oder Stahlkugelstrahlen, Druck 10–20 MPa, Temperatur 20–400 °C.
Anforderungen: Verschleiß- und Erosionsschutz, gleichmäßiges Sprühen.
Typische Produkte: Sandstrahldüse, Sorte YG6, Verschleißfestigkeit <0,02 mm³/N·m.
Vorteile: Hohe Lebensdauer, hohe Strahlleistung.

Metallschneiden und -spritzen

Szenario: Sprühen von Stahlsplitt oder Hochtemperatur-Luftstrom, Druck 20–30 MPa, Temperatur 200–450 °C.
Anforderungen: Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Erosion, stabile Druckbeständigkeit.
Typische Produkte: Schneiddüse, Güte YG8, Temperaturbeständigkeit 450°C.
Vorteile: Korrosionsschutz, geringerer Verschleiß.

Chemisches Sprühen

Szenario: Injektion einer sauren Aufschlämmung oder einer H_2S-haltigen Flüssigkeit, Druck 40–50 MPa, Temperatur 400–550 °C.
Anforderungen: Beständig gegen hohe Temperaturen, Korrosion und hohen Druck.
Typische Produkte: korrosionsbeständige Düsen der Güteklasse YW1 mit einer Druckfestigkeit von 50 MPa.
Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und hohe Haltbarkeit.

Spezialanwendungen

Spritzen im Bergbau: Umgang mit Schlamm oder Kohlenschlacke, die der Erosion durch große Partikel standhalten muss.
Hochdruckreinigung: Wird mit Hochdruckwasserstrahlen durchgeführt und erfordert Vibrationsfestigkeit.
Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (> 600 °C) oder ultrahohe Drücke (> 50 MPa) stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

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

Der Herstellungsprozess verschleißfester Düsen aus Hartmetall kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsbearbeitungstechnologie, um die Leistung in der Sprühumgebung sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie den detaillierten Prozessablauf und die technischen Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Verwenden Sie hochreine WC- und Co-Pulver, fügen Sie TiC und TaC hinzu , um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm .

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nano-Additive werden hinzugefügt, um die Dichte zu verbessern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder CrN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 600° C.

Polieren: Ra < 0,1 μm , um die Partikelhaftung zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung von Einspritzlöchern.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .

Laserbearbeitung: Verbessern Sie die Glätte des Lochs.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Abriebtest: simuliertes Sprühen, 1000 Stunden.

Druckprüfung: 50 MPa, um Verformungen festzustellen.

Erosionstest: 5000 N, um Verschleiß festzustellen.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,01–0,03 $mm^3/N \cdot m$.

Schlagfestigkeit: 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Mechanische Festigkeit: 600°C, >550 MPa.

Ermüdungslebensdauer: $>10^6$ mal.

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

Hitzebeständigkeit: 600 °C, Leistungsabfall <15 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Co-Gehalt und fügen Sie TiC / TaC hinzu , um die Zähigkeit und Hitzebeständigkeit zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht TiN + CrN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,1 μm , Korrosionsschutzbeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Formen, KI-optimierte Sinterparameter.

Die verschleißfeste Hartmetalldüse hat durch fortschrittliche Technologie und Anwendungsdesign die Einspritzeffizienz und Haltbarkeit deutlich verbessert. Angesichts der steigenden Nachfrage nach Hochdruck-, Hochtemperatur- und komplexer Medienverarbeitung wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte als Hersteller von Hartmetall hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen erfüllt. Benötigen Sie verschleißfeste Düsen aus Hartmetall? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Lösungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Hartmetall-Stanzwerkzeuge

Überblick

Hartmetall-Stanzwerkzeuge sind Hochleistungswerkzeuge für die Verarbeitung hochfester Metalle und finden breite Anwendung im Automobilbau, der Produktion elektronischer Bauteile und beim Blechstanzen. Diese Werkzeuge basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid WC und Kobalt Co) und verbessern durch optimierte Legierungsformeln und Verstärkungsverfahren die Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit und Ermüdungsbeständigkeit deutlich. Beim Stanzen werden Materialien mit hoher Härte (wie Edelstahl und kaltgewalzter Stahl), hoher Druck (50–200 MPa) und wiederholte Belastungen (mehr als eine Million Mal) eingesetzt. Herkömmliche Stahlwerkzeuge können die Anforderungen aufgrund von Verschleiß und Rissbildung nur schwer erfüllen. Daher sind Hartmetall-Stanzwerkzeuge die ideale Wahl. Dieser Artikel erläutert die technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail, um die technischen Vorteile in der Stanzverarbeitung aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

Der Härtebereich liegt bei HV 1600–2000 und die Verschleißrate wird auf 0,01–0,03 $mm^3/N·m$ kontrolliert. Es eignet sich für hochpräzises und hochfrequentes Stanzen und verlängert die Lebensdauer der Form erheblich.

Schlagfestigkeit und Zähigkeit

Die Bruchzähigkeit beträgt 12–18 $MPa·m^{1/2}$ und es reißt nicht so leicht, selbst wenn es hohen Stoßbelastungen (5000–10000 N) und wiederholtem Stempeln standhält.

Mechanische Festigkeit

Die Zugfestigkeit übersteigt 550 MPa bei 600 °C und es weist eine hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und zyklische Belastungen auf, sodass es für die kontinuierliche Produktion geeignet ist.

Thermische Stabilität

Behält die Leistung in Hochtemperatur-Stanzumgebungen von 200–600 °C bei und widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit

Durch die Zugabe von Chrom (Cr) oder Molybdän (Mo) liegt die Korrosionsrate in kühlmittelhaltigen oder leicht sauren Umgebungen unter 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Hartmetall-Stanzwerkzeuge gibt es in verschiedenen Qualitäten, je nach Verarbeitungsanforderungen. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6X

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 14–16 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,9 g/cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 80 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,02 $mm^3/N·m$.

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

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen von Materialien mittlerer Härte (wie kaltgewalzter Stahl, Aluminiumlegierung), Druck 50–100 MPa, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet zum Stanzen von Automobilblechen.

Vorteile: hohe Verschleißfestigkeit, hohe Präzision, moderate Kosten.

Einschränkungen: Die Zähigkeit ist etwas geringer und eine Designoptimierung ist erforderlich.

YG8

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 16–18 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,025 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen von Materialien mittlerer und hoher Härte (wie verzinktem Stahl, Edelstahl), Druck 100–150 MPa, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet zum Formen von Gehäusen für Haushaltsgeräte.

Vorteile: Ausgewogene Verschleißfestigkeit und Zähigkeit, starke Haltbarkeit.

Einschränkung: Bei extrem hohen Drücken ist eine Beschichtungsunterstützung erforderlich.

YT15

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1750-1850, Bruchzähigkeit 12-14 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,015 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen hitzebeständiger Materialien (wie Edelstahl, Titanlegierung), Druck 150–200 MPa, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet zum Stanzen elektronischer Komponenten.

Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, gute Formstabilität.

Einschränkungen: Etwas schwächere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 15–17 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,01 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Stanzen von gehärtetem Stahl (z. B. HRC 50–60) und hochfesten Legierungen, Druck 150–200 MPa, Temperaturbeständigkeit 550 °C, geeignet für Präzisionsstanzen.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Verschleiß, geeignet für Materialien mit hoher Härte.

Einschränkungen: Hohe Kosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YG20

Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 18-20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m.

Anwendbare Szenarien: Geeignet zum Stanzen weicher Materialien (wie Aluminiumlegierungen,

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

Kupferlegierungen), Druck 50–100 MPa, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet zum Stanzen mit geringer Belastung.
Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen große Verformungen, geeignet für komplexe Formen.
Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

3. Anwendungsdetails

Hartmetall-Stanzwerkzeuge spielen in verschiedenen Verarbeitungsbereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Anwendungsszenarien variieren je nach Materialbeschaffenheit und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Herstellung von Autoteilen

Szenario: Stanzen von kaltgewalzten Stahlblechen und verzinktem Stahl, Druck 50–100 MPa, Temperatur 200–400 °C.
Anforderungen: Verschleiß- und Stoßfestigkeit, hohe Haltbarkeit.
Typische Produkte: Stanzwerkzeuge aus der Sorte YG6X, Verschleißfestigkeit <0,02 $mm^3/N \cdot m$.
Vorteile: hohe Präzision und lange Lebensdauer.
Verarbeitung elektronischer Komponenten
Szenario: Stanzen von Edelstahl und Kupferlegierungen, Druck 100–150 MPa, Temperatur 300–500 °C.
Anforderungen: Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Haftung, stabile Druckbeständigkeit.
Typische Produkte: Präzisionsstanzwerkzeuge aus der Güteklasse YT15, Temperaturbeständigkeit 500 °C.
Vorteile: Hohe Abformgenauigkeit und reduzierte Haftung.

Präzisionsstanzfertigung

Anwendung: Pressen von gehärtetem Stahl und Wolframstahl, Druck 150–200 MPa, Temperatur 400–550 °C.
Anforderungen: hohe Temperaturbeständigkeit, Härte und Dauerfestigkeit.
Typische Produkte: Hochfeste Stanzform aus der Güte YW1 mit einer Druckfestigkeit von 200 MPa.
Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und hohe Haltbarkeit.

Spezialanwendungen

Komplexe Formgebung: Verarbeitung mehrfach gekrümmter Werkstücke, die einer Verformung standhalten müssen.
Hochfrequenzprägen: Millionen von Prägevorgängen, extrem hohe Verschleißfestigkeit ist erforderlich.
Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (> 600 °C) oder ultrahohe Drücke (> 200 MPa) stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

Der Herstellungsprozess von Hartmetall-Stanzwerkzeugen kombiniert Materialwissenschaft und

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

Präzisionsbearbeitungstechnologie, um die Leistung in der Stanzumgebung sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie den detaillierten Prozessablauf und die technischen Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Verwenden Sie hochreine WC- und Co-Pulver, fügen Sie TiC und TaC hinzu , um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm .

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nano-Additive werden hinzugefügt, um die Dichte zu verbessern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.

Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.

Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.

Sinterprozess

Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.

Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.

Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder AlTiN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 600° C.

Polieren: Ra < 0,1 μm , um die Werkstückhaftung zu verringern.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung der Formfläche.

EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .

Laserbearbeitung: Verbessern Sie die Oberflächengenauigkeit.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.

Verschleißtest: simuliertes Stempeln, 1000 Mal.

Druckprüfung: 200 MPa, um Verformungen festzustellen.

Ermüdungstest: 0–100 MPa, $>10^6$-fach.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,01–0,03 $mm^3/N \cdot m$.

Schlagfestigkeit: 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.

Mechanische Festigkeit: 600°C, >550 MPa.

Ermüdungslebensdauer: $>10^6$ mal.

Hitzebeständigkeit: 600 °C, Leistungsabfall <15 %.

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

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Co-Gehalt und fügen Sie TiC / TaC hinzu , um die Zähigkeit und Hitzebeständigkeit zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht AlTiN + TiCN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,1 μm , Nanobeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Formen, KI-optimierte Sinterparameter.

Dank fortschrittlicher Technologie und Anwendungsdesign haben Hartmetall-Stanzwerkzeuge die Stanzleistung und Haltbarkeit deutlich verbessert. Da die Nachfrage nach hochfesten und komplexen Stanzteilen steigt, wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte als Hersteller von Hartmetall hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen erfüllt. Benötigen Sie Hartmetall-Stanzwerkzeuge ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Lösungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Hartmetall-Gleitringdichtungen

Überblick

Hartmetall-Gleitringdichtungen sind Hochleistungsdichtungselemente für die Chemie-, Erdöl-, Energie- und Wasseraufbereitungsindustrie. Sie werden häufig in Wellendichtungen für Geräte wie Pumpen, Kompressoren und Reaktoren eingesetzt. Diese Dichtungen basieren auf Hartmetall (hauptsächlich bestehend aus Wolframkarbid (WC) und Kobalt (Co). Durch Optimierung der Legierungsformel und des Oberflächenbehandlungsprozesses werden Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Druckbeständigkeit deutlich verbessert. Gleitringdichtungen kommen in Anwendungsumgebungen wie hohem Druck (10–50 MPa), hohen Temperaturen (200–600 °C), hohen Drehzahlen (500–3000 U/min) und korrosiven Medien (wie Säuren, Laugen, sandhaltigen Flüssigkeiten) zum Einsatz. Herkömmliche Materialien wie Siliziumkarbid oder Keramik neigen unter extremen Bedingungen zu Verschleiß und Rissbildung, daher sind Hartmetall-Gleitringdichtungen die ideale Wahl. Dieser Artikel erläutert ihre technischen Eigenschaften, Anwendungsszenarien und Herstellungsverfahren im Detail, um ihre technischen Vorteile in Dichtungsanwendungen aufzuzeigen.

1. Technische Eigenschaften

Hohe Härte und Verschleißfestigkeit: Der Härtebereich liegt bei HV 1600–2000 und die Verschleißrate wird auf 0,01–0,03 $mm^3/N·m$ kontrolliert. Es eignet sich zum Abdichten von Hochgeschwindigkeits- und partikelhaltigen Medien und verlängert die Lebensdauer erheblich.

Schlagzähigkeit und Zähigkeit: Die Bruchzähigkeit beträgt 12-18 $MPa·m^{1/2}$ und es kommt auch bei hohen Druck- und Schlagbelastungen (5000-8000 N) nicht so leicht zum Reißen.

Mechanische Festigkeit: Die Zugfestigkeit übersteigt 550 MPa bei 600 °C, es ist äußerst widerstandsfähig gegen thermische Ermüdung und Vibration und eignet sich für den Dauerbetrieb.

Thermische Stabilität: Behält die Leistung in Hochtemperaturumgebungen von 200–600 °C bei, widersteht thermischer Rissbildung und Diffusionsverschleiß.

Korrosionsbeständigkeit: Durch Zugabe von Chrom (Cr) oder Molybdän (Mo) beträgt die Korrosionsrate in sauren, alkalischen, H_2S- oder CO_2-Umgebungen weniger als 0,01 mm/Jahr.

2. Werkstoffe und Güten

Hartmetall-Gleitringdichtungen gibt es in verschiedenen Ausführungen, je nach Anwendungsanforderungen. Im Folgenden sind die wichtigsten Typen und ihre Eigenschaften aufgeführt:

YG6

Zusammensetzung: WC 94%, Co 6%

Eigenschaften: Härte HV 1800–1900, Bruchzähigkeit 14–16 $MPa·m^{1/2}$, Dichte 14,9 g/cm^3, Wärmeleitfähigkeit ca. 80 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1200 HV, Verschleißrate <0,02 $mm^3/N·m$.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten von mittleren und schwach korrosiven Medien (wie Wasser und Öl), Druck 10–20 MPa, Geschwindigkeit 500–1500 U/min, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für Wasserpumpen und Ölpumpen.

Vorteile: hohe Verschleißfestigkeit, hohe Präzision, moderate Kosten.

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

Einschränkungen: Bei starker Korrosion oder hohen Temperaturen ist eine Beschichtungsunterstützung erforderlich.

YG8

Zusammensetzung: WC 92%, Co 8%

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 16–18 MPa·m¹ / ², Dichte 14,7 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 75 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1100 HV, Verschleißrate <0,025 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten mittlerer und stark korrosiver Medien (wie schwache Säuren und schwache Laugen), Druck 20–30 MPa, Geschwindigkeit 1000–2000 U/min, Temperaturbeständigkeit 450 °C, geeignet für Chemiepumpen.

Vorteile: Ausgewogene Verschleißfestigkeit und Zähigkeit, starke Haltbarkeit.

Einschränkung: Bei extrem hohen Drücken ist eine zusätzliche Verstärkung erforderlich.

YT15

Zusammensetzung: WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %

Eigenschaften: Härte HV 1750-1850, Bruchzähigkeit 12-14 MPa·m¹ / ², Dichte 11,5 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 60 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,015 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten hitzebeständiger Medien (wie Hochtemperaturöl, Dampf), Druck 30–40 MPa, Geschwindigkeit 1500–2500 U/min, Temperaturbeständigkeit 500 °C, geeignet für Hochtemperaturreaktoren.

Vorteile: Hohe Temperaturbeständigkeit und Antihaftwirkung, gute Dichtungsstabilität.

Einschränkungen: Etwas schwächere Zähigkeit, Kühlung muss optimiert werden.

YW1

Zusammensetzung: WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %

Eigenschaften: Härte HV 1700–1800, Bruchzähigkeit 15–17 MPa·m¹ / ², Dichte 12,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 65 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1050 HV, Verschleißrate <0,01 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten hochkorrosiver Medien (wie z. B. H_2S-haltiges Öl und Gas) , Druck 40–50 MPa, Drehzahl 2000–3000 U/min, Temperaturbeständigkeit 550 °C, geeignet für Ölbohrpumpen.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und Korrosion, geeignet für extreme Bedingungen.

Einschränkungen: Hohe Kosten und erfordert präzise Verarbeitung.

YG20

Zusammensetzung: WC 80%, Co 20%

Eigenschaften: Härte HV 1600-1700, Bruchzähigkeit 18-20 MPa·m¹ / ², Dichte 13,8 g/ cm³, Wärmeleitfähigkeit ca. 68 W/ m·K . Warmhärte (600°C) ca. 1000 HV, Verschleißrate <0,03 mm³/N·m.

Anwendungsszenarien: Geeignet zum Abdichten von partikelhaltigen Medien (wie Schlamm, Mörtel), Druck 20–30 MPa, Geschwindigkeit 1000–2000 U/min, Temperaturbeständigkeit 400 °C, geeignet für Wasseraufbereitungspumpen.

Vorteile: Ultrahohe Zähigkeit, starke Schlagfestigkeit, geeignet für komplexe Arbeitsbedingungen.

Einschränkungen: Etwas schlechte Verschleißfestigkeit, Oberflächenbehandlung erforderlich.

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

3. Anwendungsdetails

Hartmetall-Gleitringdichtungen spielen in verschiedenen Industriebereichen eine Schlüsselrolle. Ihre Einsatzszenarien variieren je nach Medienbedingungen und Prozessanforderungen. Nachfolgend eine detaillierte Analyse:

Dichtungen für Wasser- und Ölpumpen

Szenario: Sperrwasser oder Schmieröl, Druck 10–20 MPa, Temperatur 20–400 °C, Drehzahl 500–1500 U/min.

Anforderungen: Verschleißfestigkeit und geringe Leckage, hohe Haltbarkeit.

Typische Produkte: Stirnflächendichtring, Werkstoff YG6, Verschleißfestigkeit <0,02 $mm^3/N \cdot m$.

Vorteile: hohe Präzision und lange Lebensdauer.

Dichtung für Chemiepumpen

Szenario: Versiegelung mit schwacher Säure und schwacher Base, Druck 20–30 MPa, Temperatur 200–450 °C, Geschwindigkeit 1000–2000 U/min.

Anforderungen: Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit, Dichtungsstabilität.

Typische Produkte: Doppelseitiger Dichtungsring, Güteklasse YG8, Temperaturbeständigkeit 450 °C.

Vorteile: Korrosionsschutz, reduzierte Leckage.

Dichtung für Ölbohrpumpen

Szenario: Abdichtung von H_2S-haltigem Öl und Gas, Druck 40–50 MPa, Temperatur 400–550 °C, Drehzahl 2000–3000 U/min.

Anforderungen: Beständig gegen hohe Temperaturen, Korrosion und hohen Druck.

Typische Produkte: Hochdruckdichtring, Güteklasse YW1, mit einer Druckfestigkeit von 50 MPa.

Vorteile: Beständig gegen thermische Risse und hohe Haltbarkeit.

Spezialanwendungen

Dichtung der Schlammpumpe: verarbeitet sandige Medien und muss verschleißfest sein.

Hochgeschwindigkeitsdichtung: Wird in Kompressoren verwendet und muss vibrationsbeständig sein.

Herausforderung: Ultrahohe Temperaturen (> 600 °C) oder ultrahohe Drücke (> 50 MPa) stellen höhere Anforderungen an die Leistung.

4. Detaillierte Erklärung des Herstellungsprozesses

Der Herstellungsprozess von Hartmetall-Gleitringdichtungen kombiniert Materialwissenschaft und Präzisionsbearbeitungstechnologie, um ihre Leistung in einer abgedichteten Umgebung sicherzustellen. Im Folgenden finden Sie den detaillierten Prozessablauf und die technischen Punkte:

Rohstoffaufbereitung

Pulvermischen: Verwenden Sie hochreine WC- und Co-Pulver, fügen Sie TiC und TaC hinzu , um die Leistung zu optimieren, mahlen Sie es 24–48 Stunden lang in einer Kugelmühle und kontrollieren Sie die Partikelgröße auf 0,5–2 μm .

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

Additive Optimierung: Seltene Erden werden hinzugefügt, um die Korngrenzen zu stärken, und Nano-Additive werden hinzugefügt, um die Dichte zu verbessern.

Formprozess

Pressen: Kaltisostatisches Pressen (CIP), Druck 200–300 MPa, Dichte 60–70 %.
Heißisostatisches Pressen (HIP): 1300–1500 °C, 100–200 MPa, Dichte 98 %.
Formen komplexer Strukturen: Spritzguss oder 3D-Druck, Genauigkeit ±0,05 mm.
Sinterprozess
Vakuumsintern: 1400–1600 °C, 1–2 Stunden, Verunreinigungen entfernen.
Flüssigphasensintern: Co schmilzt, um Poren zu füllen und Körner zu optimieren.
Nachbearbeitung: Plasmareinigung, Glühen zum Spannungsabbau.

Oberflächenbehandlung

PVD: TiN- oder CrN- Beschichtung, 2–10 μm , verschleißfest und hochtemperaturbeständig.
Herz-Kreislauf-Erkrankungen: TiCN- oder Al_2O_3 - Beschichtung, temperaturbeständig bis 600° C.
Polieren: Ra < 0,1 μm , reduziert Reibung und Leckage.

Präzisionsbearbeitung

CNC-Bearbeitung: Genauigkeit ±0,01 mm, Bearbeitung der Dichtfläche.
EDM: komplexe Geometrie, Ra 0,05 μm .
Laserbearbeitung: Verbesserung der Oberflächenebenheit.

Qualitätsprüfung

Härteprüfung: GB/T 16599, 10 kg, ±30 HV.
Abriebtest: simulierte Versiegelung, 1000 Stunden.
Druckprüfung: 50 MPa, um Lecks zu erkennen.
Ermüdungsfestigkeitstest: 0–30 MPa, $>10^6$-fach.

5. Leistungsindikatoren

Verschleißfestigkeit: 0,01–0,03 $mm^3/N \cdot m$.
Schlagfestigkeit: 12-18 $MPa \cdot m^{1/2}$.
Mechanische Festigkeit: 600°C, >550 MPa.
Ermüdungslebensdauer: $>10^6$ mal.
Hitzebeständigkeit: 600 °C, Leistungsabfall <15 %.

6. Leistungsoptimierung und Prozessinnovation

Legierungsformel: Erhöhen Sie den Co-Gehalt und fügen Sie TiC / TaC hinzu , um die Zähigkeit und Hitzebeständigkeit zu verbessern.
Beschichtungstechnologie: Mehrschicht TiN + CrN , 2-10 μm .
Wärmebehandlung: Mischkristallbildung + Alterung, Optimierung der Korngrenzen.
Oberflächenbehandlung: Ra < 0,1 μm , Korrosionsschutzbeschichtung.
Prozessinnovation: 3D-Druck individueller Formen, KI-optimierte Sinterparameter.

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

Gleitringdichtungen aus Hartmetall haben durch fortschrittliche Verfahren und Anwendungsdesigns ihre Dichtleistung und Haltbarkeit deutlich verbessert. Angesichts der steigenden Nachfrage nach Hochdruck-, Hochtemperatur- und komplexer Medienverarbeitung wird die Optimierung von Hartmetall den technologischen Fortschritt weiter vorantreiben.

In ihrer 30-jährigen Geschichte als Hersteller von Hartmetall hat die CTIA GROUP LTD eine Vielzahl leistungsstarker Hartmetallprodukte entwickelt und produziert und damit die hohen Anforderungen von Zehntausenden von Kunden aus den Branchen Maschinenbau, Luftfahrt, Energie, Bergbau, Elektronik, Automobil, Chemie, Militär und anderen Branchen erfüllt. Benötigen Sie Hartmetalldichtungen ? Wir bieten Ihnen präzise, effiziente und hochwertige maßgeschneiderte Dienstleistungen!
Kontaktieren Sie uns, um die neuesten Brancheninformationen zu erhalten und exklusive Lösungen anzupassen:

Tel.: +86 592 5129696 E-Mail: sales@chinatungsten.com
Website: www.tungstenpowder.com Öffentliches WeChat-Konto: „China Tungsten Online“

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

Was ist Wolfram-Kobalt-Hartmetall (YG)?

Wolfram-Kobalt-Hartmetall (YG) ist ein Industriewerkstoff mit hervorragender Leistung. Dank seiner hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit und Zähigkeit ist es zu einem unverzichtbaren Produkt der modernen Fertigung geworden. Dieses Material wird hauptsächlich durch ein fortschrittliches pulvermetallurgisches Verfahren aus Wolframkarbid (WC) als Hartphase und Kobalt (Co) als Bindephase gesintert. Es wird häufig in Schneidwerkzeugen, Stanzformen, Bergbauwerkzeugen und verschiedenen verschleißfesten Teilen eingesetzt. Der Name „YG“ leitet sich von der chinesischen Pinyin-Abkürzung für „Wolfram-Kobalt“ ab und spiegelt seine Kernbestandteile und seinen einzigartigen Wert wider. Als Hochleistungsverbundwerkstoff bietet Wolfram-Kobalt-Hartmetall mit seinen hervorragenden physikalischen und mechanischen Eigenschaften effiziente und zuverlässige Lösungen für zahlreiche Branchen und trägt zur Verbesserung der Produktionseffizienz und Sicherung der Produktqualität bei.

Produktzusammensetzung und Struktur von Wolfram-Kobalt (YG)-Hartmetall

Der Kern von Wolfram-Kobalt-Hartmetall liegt in seiner wissenschaftlichen Zusammensetzung und präzisen Mikrostruktur. Wolframkarbid ist die harte Phase des Materials und macht 70 % bis 94 % des Gesamtgewichts aus. Seine Kristallstruktur ist hexagonal, mit einer Härte von bis zu 1800–2200 HV, ähnlich der von natürlichem Diamant, und kann Verschleiß und hohen Belastungen beim Schneiden effektiv widerstehen. Kobalt enthält als Bindephase üblicherweise 6 % bis 30 %. Es ist ein Metall mit niedrigem Schmelzpunkt, das beim Sintern schmilzt und die Lücken zwischen den Wolframkarbidpartikeln gleichmäßig füllt, wodurch das Material hervorragende Zähigkeit und Schlagfestigkeit erhält. Um die Leistung zusätzlich zu verbessern, können bei Bedarf Spuren von Additiven wie Titankarbid (TiC), Tantalkarbid (TaC) oder Niobkarbid (NbC) hinzugefügt werden. Diese Bestandteile können die Hochtemperaturstabilität und Korrosionsbeständigkeit verbessern oder die Körnung verfeinern, um den Anforderungen bestimmter Anwendungen gerecht zu werden. Mikroskopisch gesehen weist Wolfram-Kobalt-Hartmetall eine polykristalline Struktur auf, in der Wolframkarbidpartikel gleichmäßig verteilt sind und Kobaltphasen ein kontinuierliches Bindungsnetzwerk bilden. Dieser strukturelle Aufbau gewährleistet die Stabilität und Zuverlässigkeit des Materials in Umgebungen mit hoher Beanspruchung.

Produktleistungsmerkmale von Wolfram-Kobalt-Hartmetall (YG)

Wolfram-Kobalt-Hartmetall ist für seine hervorragenden Leistungseigenschaften bekannt. Vor allem seine hohe Härte ist ein Highlight des Produkts. Der Härtebereich liegt zwischen 1600 und 2000 HV, was für die Bearbeitung von Materialien mit einer Härte von bis zu 60 HRC oder mehr, wie etwa gehärtetem Stahl oder Gusseisen, ausreicht. Diese hohe Härte ermöglicht gute Leistungen bei Schneid-, Stanz- und Schleifprozessen, wodurch die Lebensdauer von Werkzeugen und Formen deutlich verlängert wird. Zweitens ist die Verschleißfestigkeit des Produkts mit einer geringen Verschleißrate von 0,01 bis 0,03 $mm^3/N \cdot m$ extrem hoch und übertrifft damit die von herkömmlichen Schnellarbeitsstahlwerkzeugen bei weitem. Auch bei hohen Geschwindigkeiten (über 2000 U/min) oder in sandhaltigen Medien bleibt die Stabilität langfristig erhalten. Außerdem verfügt Wolfram-Kobalt-Hartmetall mit einer Bruchzähigkeit von 12 bis 20 $MPa \cdot m^{1/2}$ über eine gute Zähigkeit. Der

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

erhöhte Kobaltgehalt verbessert die Schlagzähigkeit des Materials weiter, sodass es sich besonders für Arbeitsbedingungen mit hohen Stoßbelastungen eignet. In Bezug auf die thermische Stabilität kann das Material bei hohen Temperaturen von 600–800 °C eine hohe Härte (über 1000 HV) beibehalten, ist beständig gegen thermische Risse und Diffusionsverschleiß und eignet sich für Verarbeitungsumgebungen mit hohen Temperaturen. Was die Korrosionsbeständigkeit betrifft , ist die Grundleistung ausreichend, um in milden Säure-Basen-Umgebungen (pH 4–10) zurechtzukommen, und durch die Zugabe von Elementen wie Chrom oder Nickel kann die Korrosionsbeständigkeit weiter verbessert werden, um spezielle Anforderungen, beispielsweise in der chemischen Industrie, zu erfüllen. Erwähnenswert ist, dass die Oberflächenrauheit des Produkts nach dem Feinpolieren Ra < 0,1 μm erreichen kann , mit geringen Reibungs- und Antihafteigenschaften, was es besonders geeignet für die Handhabung viskoser Medien oder Situationen macht, die eine hochpräzise Abdichtung erfordern.

Produktklassifizierung und Güteklassen von Wolfram-Kobalt-Hartmetall (YG)

Wolfram-Kobalt-Hartmetall wird je nach Kobaltgehalt und Anwendungsszenarien in mehrere Güteklassen unterteilt und jede Güteklasse ist für spezifische Anforderungen optimiert.

Wolfram-Kobalt-Hartmetall hat ein umfangreiches Sortensystem entwickelt, das auf Kobaltgehalt, Korngröße, Additivtyp und der Vielfalt der Anwendungsszenarien basiert. Diese Sorten erfüllen verschiedene Anforderungen – vom hochpräzisen Schneiden bis hin zu hoher Verschleißfestigkeit. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Einführung und Klassifizierungsanalyse der wichtigsten Sorten mit Informationen zu Zusammensetzung, Leistungsparametern, Anwendungsszenarien und typischen Anwendungen. Die folgende Tabelle fasst diese Informationen zum intuitiven Verständnis zusammen:

Produktklassifizierung und Güteklassen von Wolfram-Kobalt- Hartmetall (YG)

Marke	Element (Gewicht%)	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m¹ / ²)	Dichte (g/cm³)	Wärmeleitfähigkeit (W/ m²K)	Anwendbare Szenarien	Typische Verwendungen
YG6	WC 94%, Co 6%	1800-1900	14-16	14.9	80	Schneiden von Gusseisen, Nichteisenmetallen, Stanzen dünner Platten	Drehwerkzeuge, Drahtziehsteine
YG6X	WC 94%, Co 6% (Ultrafeine Körnung)	1900–2000	13-15	14.9	80	Präzisionsschneiden, Mikrowerkzeuge	Mikrobohrer, Präzisionsdrehwerkzeug
YG8	WC 92%, Co 8%	1700-1800	16-18	14.7	75	Stanzwerkzeuge, Materialbearbeitung mittlerer Härte	Stanzwerkzeuge, Bergbaubohrer
YG10	WC 90%, Co 10%	1650–1750	17-19	14,5	73	Allzweck-Schneidwerkzeuge, Stoßbelastungen	Fräser, allgemeiner Bohrer
YG12	WC 88%,	1600-	18-20	14.2	70	Hohe Schlagzähigkeit,	Grabmesser,

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

Marke	Element (Gewicht%)	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m¹ / ²)	Dichte (g/cm³)	Wärmeleitfähigkeit (W/ m²K)	Anwendbare Szenarien	Typische Verwendungen
	Co 12%	1700				verschleißfeste Teile	Stanzwerkzeuge
YG15	WC 85 %, Co 15 %	1500-1600	18-20	14,0	68	Starke Stoßbedingungen, Tunnelwerkzeuge	Bagger, Brecher
YG20	WC 80%, Co 20%	1500-1600	20-25	13.8	68	Beständig gegen große Stöße und partikelhaltige Medien	Bohrer, Düse
YT5	WC 81 %, TiC 15 %, Co 4 %	1750–1850	12-14	11.8	60	Stahlschneiden, Hochgeschwindigkeitsbearbeitung	Drehwerkzeuge, Fräser
YT15	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	1700-1800	12-14	11.5	60	Hitzebeständige Schneid- und Stanzmaterialien	Hochtemperaturform, Streckform
YW1	WC 78%, TiC 10%, TaC 2 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12.8	65	Stark korrosive Umgebung, Hochdruckverarbeitung	Dichtring, Chemiedüse
YC40	WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %	1600-1700	18-20	11.2	55	Stanzen von Materialien mit hoher Härte, Wärmebehandlung des Werkstücks	Hochleistungs-Stanzwerkzeuge

YG6 ist eine klassische Sorte mit einem Kobaltgehalt von 6 %. Sie zeichnet sich durch hohe Härte und ausgezeichnete Verschleißfestigkeit aus. Sie eignet sich besonders zum Schneiden von Gusseisen und Nichteisenmetallen sowie zum Stanzen dünner Bleche. Sie wird häufig zur Herstellung hochpräziser Werkzeuge wie Drehwerkzeugen und Drahtziehwerkzeugen verwendet. Der niedrige Kobaltgehalt gewährleistet die Härte des Materials bei moderater Zähigkeit und eignet sich für mittlere Belastungen.

YG6X ist eine ultrafeinkörnige Variante von YG6 mit einer Korngröße von weniger als 1 μm . Durch Veredelungstechnologie wird die Härte auf HV 1900–2000 erhöht und die Verschleißfestigkeit weiter verbessert. Es eignet sich besonders für Präzisionsschneid- und Mikrowerkzeuge wie Mikrobohrer und Präzisionsdrehwerkzeuge.

YG8 hat einen Kobaltgehalt von 8 % und eine leicht reduzierte Härte von HV 1700–1800, seine Zähigkeit jedoch auf 16–18 MPa·m¹ / ². Es ist sowohl hart als auch schlagzäh und wird gängige Wahl für Stanzwerkzeuge und Bergbaubohrer sein, geeignet für die Bearbeitung von Materialien mittlerer Härte.

YG10 enthält 10 % Kobalt, hat eine Härte von HV 1650–1750 und eine Zähigkeit von 17–19 MPa·m¹ / ². Es handelt sich um eine Allzwecksorte, die häufig in Fräsern und Bohrern verwendet wird und für eine Vielzahl von Schneid- und Stoßbelastungsbedingungen geeignet ist.

YG12 hat einen Kobaltgehalt von 12 %, eine Härte von HV 1600-1700 und eine Zähigkeit von 18-20 MPa·m ¹ / ² . Es eignet sich für Schneidarbeiten mit hoher Schlagzähigkeit und die Herstellung

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

verschleißfester Teile, wie beispielsweise Bagger und Stanzwerkzeuge.

YG15 enthält 15 % Kobalt, hat eine Härte von HV 1500–1600 und eine Zähigkeit von 18–20 MPa·m¹ / ². Es ist für hohe Stoßbelastungen wie Tunnelfräsen und -brecher konzipiert und eignet sich besonders für den Bergbau und die Bauindustrie.

YG20 hat einen Kobaltgehalt von bis zu 20 %, eine Härte von HV 1500–1600 und eine Zähigkeit von 20–25 MPa·m¹ / ². Es verfügt über eine extrem hohe Schlagfestigkeit und eignet sich für den Einsatz in komplexen Umgebungen mit starken Stößen und körnigen Medien, wie z. B. Bohrern und Düsen.

YT5 enthält 15 % TiC , der Kobaltgehalt ist auf 4 % reduziert, die Härte beträgt HV 1750–1850, es weist eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit auf, eignet sich für das Hochgeschwindigkeitsschneiden von Stahl und wird häufig in Drehwerkzeugen und Fräsern verwendet.

YT15 enthält 6 % Co und 15 % TiC und hat eine Härte von HV 1700–1800. Es verfügt über hervorragende Hitzebeständigkeit und Antihafteigenschaften und eignet sich zum Stanzen hitzebeständiger Materialien und Hochtemperaturformen.

YW1 enthält 10 % Co, 10 % TiC und 2 % TaC , mit einer Härte von HV 1700–1800 und einer Zähigkeit von 15–17 MPa·m¹ / ². Es verfügt über eine hohe Korrosionsbeständigkeit und eignet sich für stark korrosive Umgebungen und Hochdruckverarbeitung, wie zum Beispiel für Dichtungsringe und chemische Düsen.

YC40 enthält 10 % Co und 20 % TiC , mit einer Härte von HV 1600–1700 und einer Zähigkeit von 18–20 MPa·m¹ / ². Es ist speziell zum Stanzen und Wärmebehandeln von Werkstücken aus Materialien mit hoher Härte, wie z. B. schweren Stanzwerkzeugen, konzipiert.

Die Vielfalt dieser Sorten spiegelt die Flexibilität von Wolfram-Kobalt-Hartmetall wider. Anwender können die passende Sorte entsprechend ihren spezifischen Verarbeitungsanforderungen auswählen und passende Produkte für den Einsatz von hochharten Präzisionsschnitten bis hin zu hochzähen Hochleistungsanwendungen finden.

Herstellungsprozess von Wolfram-Kobalt (YG) Hartmetallprodukten

Der Herstellungsprozess von Wolfram-Kobalt-Hartmetall verkörpert die Essenz der modernen Materialwissenschaft. Von der Rohstoffvorbereitung bis zum Endprodukt wird jeder Schritt streng kontrolliert. Zunächst werden hochreine Wolframkarbid- und Kobaltpulver mit einer Partikelgröße von 0,5–2 µm ausgewählt und 24–48 Stunden lang in einer Nasskugelmühle mit einem Dispergiermittel vermischt, um eine gleichmäßige Zusammensetzung zu gewährleisten. Anschließend wird die Mischung getrocknet und durch Sprühtrocknung granuliert. Die Partikelgrößenverteilung beträgt weniger als 5 µm und bildet die Grundlage für die anschließende Formgebung. Der Formgebungsprozess umfasst kaltisostatisches Pressen (CIP, Druck 200–300 MPa) oder heißisostatisches Pressen (HIP, 1300–1500 °C, Druck 100–200 MPa), sodass die Dichte des Grünkörpers 60–70 % erreicht und durch das HIP-Verfahren die Dichte auf über 98 % erhöht wird. Für komplexe Geometrien können Metallspritzguss (MIM) oder 3D-Druck mit einer Genauigkeit von bis zu ±0,05 mm verwendet werden. Der Sinterprozess verwendet Vakuumsintern (1400–1600 °C, 1–2 Stunden) oder Flüssigphasensintern, und das Kobalt schmilzt bei hoher Temperatur, um die Poren zu füllen und die Korngröße im Bereich von 1–5 µm zu kontrollieren .

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

Nach dem Sintern werden Plasmareinigung und Glühen (800–1000 °C) verwendet, um die Oberflächenoxidschicht zu entfernen und die inneren Spannungen abzubauen. Schließlich wird das Produkt durch CNC-Präzisionsschleifen (Genauigkeit ±0,01 mm), PVD-Beschichten (z. B. TiN , Dicke 2–10 μm) oder chemisch-mechanisches Polieren (Oberflächenrauheit Ra < 0,1 μm) bearbeitet, wodurch eine hochwertige Oberflächenbeschaffenheit und funktionale Eigenschaften erzielt werden.

Produktanwendungsbereiche von Wolfram-Kobalt (YG) Hartmetall

Wolfram-Kobalt-Hartmetall hat sich aufgrund seiner vielfältigen Leistungsvorteile in vielen Industriebereichen als vielseitig einsetzbar erwiesen. Im Bereich der Schneidwerkzeuge, Drehwerkzeuge, Fräser und Bohrer kommen die Sorten YG6 oder YG8 zum Einsatz. Diese ermöglichen die effiziente Bearbeitung von Stahl, Gusseisen und Nichteisenmetallen mit Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 100–300 m/min und Standzeiten von über 1.000 Stunden. Sie finden breite Anwendung in der Automobilmotorenbearbeitung und der Präzisionsbearbeitung. Bei Stanzwerkzeugen werden die Sorten YG8 und YG15 zum Stanzen von Autoplatten und elektronischen Bauteilen verwendet. Sie zeichnen sich durch hohe Verschleißfestigkeit aus und können über eine Million Mal gestanzt werden, was Produktqualität und Produktionseffizienz gewährleistet. Im Bereich der Bergbauwerkzeuge eignen sich Bohrer, Tunnelmesser und Brecher der Sorten YG15 und YG20 für den Tunnelbau in hartem Gestein (Mohshärte 6–9) und verbessern die Bergbaueffizienz deutlich. Verschleißfeste Teile wie Düsen, Dichtungen und Ventilkerne nutzen die hervorragende Zähigkeit von YG20, um abrasiven Partikeln und Korrosion zu widerstehen. Sie eignen sich besonders für Ölbohrungen und Chemikalieneinspritzungen. Darüber hinaus wird Wolfram-Kobalt-Hartmetall auch zur Verarbeitung von Titanlegierungen und Inconel 718 in der Luft- und Raumfahrt, in der Energiewirtschaft für Ventildichtungen in Kernkraftwerken und in der Medizintechnik zur Herstellung von Zahnbohrern eingesetzt. Dies unterstreicht seine wichtige Rolle in der Hightech-Industrie.

Wolfram-Kobalt-Hartmetall (YG) hat sich dank seiner hervorragenden Härte, Verschleißfestigkeit, Zähigkeit und thermischen Stabilität zu einem Kernwerkstoff in der industriellen Produktion entwickelt. Dank seiner wissenschaftlich fundierten Zusammensetzung, des präzisen Herstellungsprozesses und der vielfältigen Sortenauswahl erfüllt es ein breites Spektrum an Anforderungen – von der täglichen Verarbeitung bis hin zu extremen Arbeitsbedingungen. Ob zur Verbesserung der Schneidleistung, zur Verlängerung der Formlebensdauer oder zur Erhöhung der Zuverlässigkeit verschleißfester Teile – Wolfram-Kobalt-Hartmetall bietet in verschiedenen Branchen eine starke Unterstützung.

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

Was ist Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall (YT)?

Wolfram-Titan-Kobalt (YT)-Hartmetall ist ein gesinterter Hochleistungsverbundwerkstoff, der durch ein fortschrittliches pulvermetallurgisches Verfahren aus Wolframkarbid (WC) und Titankarbid (TiC) als Hartphasen sowie Kobalt (Co) als Bindephase hergestellt wird. YT ist die Abkürzung für „Yong Ti“, was seine einzigartigen Zusammensetzungseigenschaften widerspiegelt. Dieser Werkstoff eignet sich aufgrund seiner hervorragenden Hitzebeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Schneidleistung besonders für die Bearbeitung von Stahl und hitzebeständigen Legierungen im industriellen Bereich und ist zur wichtigsten Wahl bei der Herstellung von Schneidwerkzeugen und -formen geworden. Durch Anpassung des Verhältnisses von TiC und Co und Optimierung der Kornstruktur kann Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall die vielfältigen Anforderungen vom Hochgeschwindigkeitsschneiden bis zur Hochtemperaturverarbeitung erfüllen und bietet effiziente und langlebige Lösungen für die Fertigungsindustrie.

Produktzusammensetzung und Struktur von Wolfram-Titan-Kobalt (YT)-Hartmetall

Die einzigartigen Eigenschaften von Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall beruhen auf seiner wissenschaftlich fundierten Zusammensetzung und präzisen Mikrostruktur. Wolframkarbid (WC) als Haupthartphase mit einem Anteil von 70–85 % des Gesamtgewichts sorgt für hohe Härte (HV 1700–2000) und ausgezeichnete Verschleißfestigkeit. Seine hexagonale Struktur bleibt auch bei hohen Temperaturen stabil. Titankarbid (TiC) als zusätzliche Hartphase (in der Regel 5–20 %) verbessert die Hitzebeständigkeit und die Antihafteigenschaften des Materials erheblich und eignet sich besonders zur Vermeidung von Aufbauschneidenbildung beim Schneiden von Stahl. Kobalt (Co) als Bindephase (in der Regel 4–10 %) schmilzt beim Sinterprozess und füllt die Lücken zwischen WC- und TiC- Partikeln, wodurch das Material gute Zähigkeit und Schlagfestigkeit erhält. Zusätzlich können bei Bedarf Spurenzusätze wie Tantalkarbid (TaC) oder Niobkarbid (NbC) hinzugefügt werden, um die Hochtemperaturhärte weiter zu verbessern und die Körnung zu verfeinern. Mikroskopisch weist YT-Hartmetall eine polykristalline Struktur auf, in der WC- und TiC- Partikel gleichmäßig verteilt sind und Co ein durchgehendes Bindungsnetzwerk bildet. Dieser strukturelle Aufbau gewährleistet die Zuverlässigkeit und Stabilität des Materials auch bei hohen Temperaturen und hoher Belastung.

Produktleistungsmerkmale von Wolfram-Titan-Kobalt (YT)-Hartmetall

Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall ist für seine hervorragenden Leistungsmerkmale bekannt. Seine hohe Härte ist der Hauptvorteil des Produkts. Der Härtebereich liegt zwischen HV 1700 und 2000 und ermöglicht die effektive Bearbeitung von Stahl und hitzebeständigen Legierungen mit einer Härte von bis zu HRC 60 oder höher. Diese hohe Härte ermöglicht eine gute Leistung beim Hochgeschwindigkeitsschneiden und bei der Schwerlastbearbeitung und verlängert die Lebensdauer des Werkzeugs deutlich. Darüber hinaus ist die Verschleißfestigkeit des Produkts mit einer Verschleißrate von nur 0,01–0,02 $mm^3/N \cdot m$ extrem hoch und übertrifft damit herkömmliche Schnellarbeitsstahlwerkzeuge bei weitem. Auch bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (1000–3000 U/min) oder der Bearbeitung von oxidhaltigem Stahl bleibt die Stabilität langfristig erhalten.

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

Die Zugabe von TiC verleiht dem Material zudem eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit. Es behält auch bei hohen Temperaturen von 600–900 °C eine hohe Härte (> 1000 HV), ist beständig gegen thermische Rissbildung und Diffusionsverschleiß und eignet sich besonders für Schneidumgebungen mit hohen Temperaturen. Außerdem liegt die Bruchzähigkeit von Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall zwischen 12 und 16 MPa·m¹ / ². Der Co-Gehalt wirkt sich direkt auf die Zähigkeit aus und eignet sich für Arbeitsbedingungen mit mittleren Stoßbelastungen. In Bezug auf die Korrosionsbeständigkeit ist die Grundleistung ausreichend, um mit einer leicht sauren und alkalischen Umgebung (pH-Wert 4–10) fertig zu werden, und die chemische Stabilität von TiC verringert die Adhäsionsneigung beim Stahlschneiden weiter. Nach dem Feinpolieren kann die Oberflächenrauheit des Produkts Ra < 0,1 μm erreichen , mit geringen Reibungs- und Antihafteigenschaften, was besonders geeignet ist, um die Bildung von Aufbauschneiden bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung zu verringern.

Produktklassifizierung und Güteklassen von Wolfram-Titan-Kobalt (YT)-Hartmetall

Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall wurde in verschiedenen Qualitäten entwickelt, basierend auf den unterschiedlichen TiC- und Co-Gehalten sowie den Zielanwendungen. Diese Qualitäten decken die vielfältigen Anforderungen vom Hochgeschwindigkeitsschneiden bis zum Hochtemperaturstanzen präzise ab. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Einführung und Klassifizierung der wichtigsten Qualitäten mit Angaben zu Zusammensetzung, Leistungsparametern, Anwendungsszenarien und typischen Anwendungen. Die folgende Tabelle fasst diese Informationen zum intuitiven Verständnis zusammen:

Produktklassifizierung und Güteklassen von Wolfram-Titan-Kobalt -Hartmetall (YT)

Marke	Zusammensetzung (Gew.- %)	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m¹ / ²)	Dichte (g/cm³)	Wärmeleitfähigkeit (W/ m²K)	Anwendbare Szenarien	Typische Verwendungen
YT5	WC 81 %, TiC 15 %, Co 4 %	1750–1850	12-14	11.8	60	Hochgeschwindigkeitsschneiden von Stahl und harten Materialien	Drehwerkzeuge, Fräser
YT14	WC 79%, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11.6	58	Mittelgeschwindigkeitsschneiden von Stahl, Vorschlichten	Drehwerkzeuge, Drahtziehsteine
YT15	WC 79%, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11.5	60	Hitzebeständige Schneid- und Stanzmaterialien	Hochtemperaturform, Streckform
YT30	WC 70%, TiC 20 %, Co 10 %	1600-1700	14-16	11.2	55	Hochleistungsschneiden und Stanzen von hochhartem Stahl	Schwere Stanzformen, Schneidmesser
YT5	WC 82 %, TiC 13%, Co 5%	1800-1900	12-13	11.9	62	Präzisionsschneiden von Stahl, Hochgeschwindigkeitsbearbeitung	Präzisionsdrehwerkzeuge und Fräser
YT9	WC 80%, TiC 10 %, Co 10 %	1650–1750	14-15	11.7	65	Mittlere Schlagzähigkeit, allgemeine Bearbeitung	Universal-Drehwerkzeuge, Bohrer

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

Marke	Zusammensetzung (Gew.- %)	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m¹ / ²)	Dichte (g/cm³)	Wärmeleitfähigkeit (W/ m²K)	Anwendbare Szenarien	Typische Verwendungen
YT18	WC 77%, TiC 15 %, Co 8 %	1650–1750	13-15	11.4	58	Schneiden von Edelstahl und hitzebeständigen Legierungen	Schneidemesser und Formen aus Edelstahl
YT25	WC 75 %, TiC 15 %, Co 10 %	1600-1700	15-16	11.3	57	Hochtemperaturstanzen, intermittierendes Schneiden	Hochtemperatur-Stanzwerkzeug, unterbrochenes Messer
YT10	WC 80%, TiC 10 %, Co 10 %	1700-1800	13-14	11.7	63	Schneiden von Gusseisen, Stahl, gemischte Verarbeitung	Schneidklinge für Mischmaterialien
YT8	WC 82 %, TiC 10 %, Co 8 %	1700-1800	13-15	11.6	60	Schneiden und Stanzen von mittelharten Werkstoffen	Stanzwerkzeuge, Schneidwerkzeuge

YT5 ist eine hochharte Sorte mit 4 % Co und 15 % TiC , einer Härte von HV 1750–1850 und einer Bruchzähigkeit von 12–14 MPa·m² . Sie eignet sich besonders für die Hochgeschwindigkeitszerspanung von Stahl und harten Werkstoffen und wird häufig in Drehwerkzeugen und Fräsern eingesetzt. Der niedrige Kobaltgehalt gewährleistet eine hohe Verschleißfestigkeit bei moderater Zähigkeit und eignet sich daher für Dauerzerspanung.

YT14 enthält 6 % Co und 15 % TiC , hat eine Härte von HV 1700–1800 und eine Zähigkeit von 12–14 MPa·m² . Es eignet sich für die mittelschnelle Stahlbearbeitung und die Vorschlichtbearbeitung. Es wird häufig in Drehwerkzeugen und Drahtziehwerkzeugen verwendet und ist sowohl hitzebeständig als auch verschleißfest.

YT15 enthält außerdem 6 % Co und 15 % TiC und hat eine Härte von HV 1700–1800. Es verfügt über hervorragende Hitzebeständigkeit und Antihafteigenschaften und eignet sich besonders zum Stanzen hitzebeständiger Materialien und zur Herstellung von Hochtemperaturformen, wie z. B. Zieh- und Heißprägewerkzeugen.

YT30 enthält 10 % Co und 20 % TiC , mit einer Härte von HV 1600–1700 und einer Zähigkeit von 14–16 MPa·m¹ / ². Es ist für das Hochleistungsschneiden und -stanzen von Stählen mit hoher Härte konzipiert und eignet sich für Hochleistungsstanzwerkzeuge und Schneidmesser.

YT5A enthält 5 % Co und 13 % TiC , mit einer Härte von HV 1800–1900 und einer Zähigkeit von 12–13 MPa·m¹ / ². Es optimiert die Präzisionsschneidleistung und wird häufig in Präzisionsdrehwerkzeugen und Fräsern verwendet.

YT9 enthält 10 % Co und 10 % TiC , hat eine Härte von HV 1650–1750 und eine Zähigkeit von 14–15 MPa·m¹ / ². Es handelt sich um eine Allzwecksorte, die für die Zerspanung mit mittlerer Schlagzähigkeit und die Bearbeitung gemischter Materialien geeignet ist, beispielsweise für Allzweck-Drehwerkzeuge und Bohrer.

YT18 enthält 8 % Co und 15 % TiC , mit einer Härte von HV 1650–1750 und einer Zähigkeit von 13–15 MPa·m¹ / ². Es verfügt über eine hohe Hitze- und Korrosionsbeständigkeit und eignet sich besonders zum Schneiden von Edelstahl und hitzebeständigen Legierungen.

YT25 enthält 10 % Co und 15 % TiC , mit einer Härte von HV 1600–1700 und einer Zähigkeit von 15–16 MPa·m¹ / ². Es ist für Hochtemperaturstanzen und intermittierendes Schneiden ausgelegt und eignet sich für Hochtemperaturstanzmatrizen und intermittierende Schneidmesser.

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

YT10 enthält 10 % Co und 10 % TiC , mit einer Härte von HV 1700–1800 und einer Zähigkeit von 13–14 MPa·m¹ / ². Es eignet sich für die gemischte Bearbeitung von Gusseisen und Stahl und bietet eine ausgewogene Leistung.
YT8 enthält 8 % Co und 10 % TiC , hat eine Härte von HV 1700–1800 und eine Zähigkeit von 13–15 MPa·m¹ / ². Es eignet sich zum Schneiden von Materialien mittlerer Härte und zur Herstellung von Stanzwerkzeugen.
Die Vielfalt dieser Sorten spiegelt die Flexibilität von Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetallen wider. Anwender können die passende Sorte anhand von Faktoren wie Schnittgeschwindigkeit, Materialhärte und Temperaturbedingungen auswählen und so passende Produkte für den Hochgeschwindigkeits-Präzisionsschnitt bis hin zur Hochtemperatur-Schwerlastbearbeitung finden.

Herstellungsprozess von Wolfram-Titan-Kobalt (YT)-Hartmetallprodukten

Der Herstellungsprozess von Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall verkörpert die Essenz der modernen Materialwissenschaft. Von der Rohstoffaufbereitung bis zum Endprodukt wird jeder Schritt streng kontrolliert. Zunächst werden hochreine Wolframkarbid-, Titankarbid- und Kobaltpulver mit einer Partikelgröße von 0,5–2 µm ausgewählt und 24–48 Stunden lang in einer Nasskugelmühle mit einem Dispergiermittel vermischt, um eine gleichmäßige Zusammensetzung zu gewährleisten. Anschließend wird die Mischung getrocknet und durch Sprühtrocknung granuliert. Die Partikelgrößenverteilung beträgt weniger als 5 µm und bildet die Grundlage für die anschließende Formgebung. Der Formgebungsprozess umfasst kaltisostatisches Pressen (CIP, Druck 200–300 MPa) oder heißisostatisches Pressen (HIP, 1300–1500 °C, Druck 100–200 MPa), sodass die Dichte des Grünkörpers 60–70 % erreicht und durch das HIP-Verfahren auf über 98 % erhöht wird. Für komplexe Geometrien können Metallspritzguss (MIM) oder 3D-Druck mit einer Genauigkeit von bis zu ±0,05 mm verwendet werden. Der Sinterprozess verwendet Vakuumsintern (1400–1600 °C, 1–2 Stunden) oder Flüssigphasensintern, und das Kobalt schmilzt bei hoher Temperatur, um die Poren zu füllen und die Korngröße im Bereich von 1–5 µm zu kontrollieren . Nach dem Sintern werden Plasmareinigung und Glühen (800–1000 °C) verwendet, um die Oberflächenoxidschicht zu entfernen und die inneren Spannungen abzubauen. Schließlich wird das Produkt durch CNC-Präzisionsschleifen (Genauigkeit ±0,01 mm), PVD-Beschichten (z. B. TiN , Dicke 2–10 µm) oder chemisch-mechanisches Polieren (Oberflächenrauheit Ra < 0,1 µm) bearbeitet, wodurch eine hochwertige Oberflächenbeschaffenheit und funktionale Eigenschaften erzielt werden.

Produktanwendungsbereiche von Wolfram-Titan-Kobalt (YT) Hartmetall

Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall bietet aufgrund seiner vielfältigen Leistungsvorteile ein breites Anwendungsspektrum in vielen Industriebereichen. Seine hervorragende Hitzebeständigkeit und Schneidleistung machen es besonders in Hochtemperatur- und Hochgeschwindigkeitsverarbeitungsumgebungen hervorragend. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Beschreibung der Hauptanwendungsgebiete sowie eine Liste spezifischer Anwendungsszenarien und Beispiele:

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

Schneidwerkzeugfeld

Beschreibung: Die Sorten YT5, YT5A und YT14 werden aufgrund ihrer hohen Härte und Verschleißfestigkeit häufig zur Herstellung von Drehwerkzeugen, Fräsern und Bohrern eingesetzt und eignen sich hervorragend für die Bearbeitung von Stahl, Hartmetall und Gusseisen. Die Schnittgeschwindigkeit kann 200–300 m/min und die Standzeit 800–1200 Stunden erreichen, was die Bearbeitungseffizienz deutlich verbessert. Die Sorte YT18 eignet sich besonders zum Schneiden von Edelstahl und hitzebeständigen Legierungen wie Inconel 718, da sie die Aufbauschneidenbildung reduziert und die Kantenstabilität erhält.

Spezifische Anwendungen:

Bearbeitung von Autoteilen: Bearbeitung von Motorzylinderblöcken und Kurbelwellen.

Mechanische Fertigung: Herstellung von Präzisionszahnrädern und Wellenteilen.

Beispiel: Eine Automobilfabrik verwendete ein YT5-Drehwerkzeug zur Bearbeitung von Pleuelstangen aus Stahl und erhöhte so deren Lebensdauer um 30 %.

Stanzwerkzeugfeld

Beschreibung: Die Güten YT15 und YT30 werden aufgrund ihrer Hitzebeständigkeit und hohen Zähigkeit häufig zum Stanzen hitzebeständiger Materialien und hochharter Stähle verwendet, beispielsweise für Fahrzeugverkleidungen, Gehäuse elektronischer Komponenten und Strukturteile. Die Anzahl der Stanzvorgänge kann 800.000 Mal überschreiten. Die Formoberfläche weist eine starke Antihaftwirkung auf, was eine hohe Präzision und Oberflächenqualität des Werkstücks gewährleistet. Die Güte YT25 eignet sich besonders zum Stanzen bei hohen Temperaturen und erfüllt die Anforderungen an die Formgebung komplexer geometrischer Formen.

Spezifische Anwendungen:

Automobilbau: Stanzen von Türverkleidungen und Stoßfängern.

Elektronikindustrie: Herstellung von Handygehäusen und -steckern.

Beispiel: Ein Elektronikunternehmen verwendete die Matrize YT15 zum Stanzen von Edelstahlgehäusen, die 500.000 Mal im Dauerbetrieb ohne erkennbaren Verschleiß lief.

Hochtemperaturverarbeitungsbereich

Beschreibung: Die Sorten YT18 und YT25 werden aufgrund ihrer hervorragenden Hitzebeständigkeit (bis 900 °C) und Oxidationsbeständigkeit häufig zum Hochtemperaturschneiden und Stanzen hitzebeständiger Legierungen wie Titanlegierungen und Nickelbasislegierungen eingesetzt. Sie eignen sich hervorragend für die Luft- und Raumfahrt, die Energie- und die Chemieindustrie und gewährleisten eine stabile Schneidleistung und Matrizenlebensdauer in Hochtemperaturumgebungen. YT15 eignet sich auch zur Bearbeitung von Werkstücken nach der Wärmebehandlung, um thermische Verformungen zu reduzieren.

Spezifische Anwendungen:

Luft- und Raumfahrt: Bearbeitung von Turbinenschaufeln und -gehäusen.

Energiebranche: Schneiden von Kesselrohren und Ventilkomponenten.

Beispiel: Eine Fluggesellschaft verwendete YT25 zum Schneiden von Gehäusen aus Titanlegierungen und steigerte so die Verarbeitungseffizienz um 25 %.

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

Bereich Verschleißteile

Beschreibung: Die Güten YT15 und YT30 werden aufgrund ihrer hervorragenden Hitzebeständigkeit und Verschleißfestigkeit zur Herstellung von Ziehwerkzeugen, Heißprägewerkzeugen und verschleißfesten Auskleidungen verwendet. Sie finden breite Anwendung im Automobilbau und im Schwermaschinenbau. Diese Teile sind beständig gegen Hochtemperaturverschleiß und Adhäsion, verlängern ihre Lebensdauer und erbringen insbesondere bei kontinuierlicher Produktion eine hohe Leistung. Die Güte YT9 kann auch zur Herstellung verschleißfester Beschichtungen verwendet werden, um die Oberflächenleistung von Geräten zu verbessern.

Spezifische Anwendungen:

Automobilindustrie: Herstellung von Warmumformungsformen aus Stahlblech .

Schwermaschinen: Herstellung verschleißfester Auskleidungen und Führungsschienen.

Beispiel: Ein Automobilhersteller verwendet YT15-Ziehsteine zur Herstellung von Warmformteilen mit einer Lebensdauer von 100.000 Umdrehungen.

Energie- und Chemieindustrie

Beschreibung: Die Werkstoffe YT18 und YW1 werden aufgrund ihrer Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität häufig in Ventildichtungen, Hochdruckdüsen und Reaktorauskleidungen in Energie- und Chemieanlagen eingesetzt. Diese Teile können lange in Umgebungen mit Säuren, Laugen oder Hochtemperaturgasen betrieben werden, wodurch Leckagen und Verschleiß reduziert werden. YT25 eignet sich auch für die Hochtemperaturverarbeitung von Katalysatorträgern, um die Stabilität chemischer Reaktionen zu gewährleisten.

Spezifische Anwendungen:

Petrochemische Industrie: Verarbeitung von Hochdruckpipelines und Reaktoren.

Energieausrüstung: Herstellung von Ventilkomponenten für Kernkraftwerke.

Beispiel: Eine Raffinerie verwendete YT18-Düsen 5.000 Betriebsstunden lang ohne sichtbare Anzeichen von Korrosion.

Medizin- und Präzisionsfertigung

Beschreibung: Die Werkstoffe YT5A und YT9 werden aufgrund ihrer hohen Präzision und Verschleißfestigkeit zur Herstellung von Zahnbohrern, Mikroschneidwerkzeugen und Präzisionsformen verwendet. Diese Werkzeuge eignen sich hervorragend für die medizinische Chirurgie und die Herstellung elektronischer Komponenten und erreichen eine Bearbeitungsgenauigkeit im Mikrometerbereich. YT10 eignet sich auch für die Verarbeitung gemischter Materialien, um den Anforderungen von Produkten aus mehreren Materialien gerecht zu werden.

Spezifische Anwendungen:

Medizinindustrie: Herstellung von zahnärztlichen und orthopädischen chirurgischen Instrumenten.

Elektronikfertigung: Verarbeitung von Mikrosteckverbindern und Sensoren.

Beispiel: Ein Medizintechnikunternehmen verwendet YT5A-Bohrer, um Knochenschrauben mit einer Genauigkeit von ±0,01 mm zu bearbeiten.

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

Verteidigungs- und Spezialindustrie

Beschreibung: Die Werkstoffe YT30 und YT25 werden aufgrund ihrer hohen Zähigkeit und Hitzebeständigkeit in der Rüstungsindustrie zum Schneiden von Panzerungsmaterial, zur Bearbeitung von Raketenkomponenten und zur Herstellung spezieller Legierungen eingesetzt. Diese Anwendungen erfordern Werkstoffe, die auch unter extremen Bedingungen ihre Leistung erbringen. YT18 kann auch zur Herstellung hochpräziser Militärformen verwendet werden.

Spezifische Anwendungen:

Rüstungsindustrie: Schneiden von Panzerstahl.

Luft- und Raumfahrtindustrie: Verarbeitung von Raketentriebwerkskomponenten.

Beispiel: Ein Rüstungsunternehmen verwendete YT30 zum Schneiden von Panzerstahl und erhöhte so dessen Lebensdauer um 40 %.

Die breite Anwendung von Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall in diesen Bereichen beweist seine hervorragende Leistung in Umgebungen mit hohen Temperaturen, hohen Geschwindigkeiten und komplexen Verarbeitungsvorgängen und bietet effiziente und langlebige Verarbeitungslösungen für verschiedene Branchen.

Wolfram-Titan-Kobalt-Hartmetall (YT) hat sich aufgrund seiner hervorragenden Härte, Hitzebeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Haftfestigkeit zum Kernwerkstoff in der industriellen Schneid- und Hochtemperaturverarbeitung entwickelt. Dank seiner wissenschaftlichen Zusammensetzung, des präzisen Herstellungsprozesses und der vielfältigen Sortenauswahl erfüllt es ein breites Spektrum an Anforderungen, vom Hochgeschwindigkeitsschneiden bis zum Hochtemperaturstanzen.

Was ist Wolfram-Titan-Tantal (YW)-Hartmetall?

Wolfram-Titan-Tantal (YW)-Hartmetall ist ein gesinterter Hochleistungsverbundwerkstoff, der durch fortschrittliche Pulvermetallurgie aus Wolframkarbid (WC), Titankarbid (TiC) und Tantalkarbid (TaC) als Hartphasen sowie Kobalt (Co) als Bindephase hergestellt wird. YW ist die Abkürzung für „Yong Ti“ und „Tan“ und spiegelt die einzigartige Kombination der Inhaltsstoffe wider. Dieses Material eignet sich aufgrund seiner hervorragenden Hitzebeständigkeit, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Schlagfestigkeit besonders für extreme Verarbeitungsumgebungen wie das Schneiden von Materialien mit hoher Härte, das Abdichten hochkorrosiver Medien und Arbeitsbedingungen unter hohem Druck. Durch die genaue Abstimmung des Anteils der einzelnen Komponenten und der Kornstruktur kann Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall den vielfältigen Anforderungen vom Präzisionsschneiden bis zur Verschleißfestigkeit bei hoher Belastung gerecht werden und bietet so eine effiziente und langlebige Lösung für die industrielle Fertigung.

Produktzusammensetzung und Struktur von Wolfram-Titan-Tantal (YW)-Hartmetall

Die herausragende Leistung von Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall beruht auf seiner komplexen Zusammensetzung und präzisen Mikrostruktur. Wolframkarbid (WC) macht als hauptsächliche

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

Hartphase 70–80 % des Gesamtgewichts aus und sorgt für eine hohe Härte (HV 1700–1900) sowie ausgezeichnete Verschleißfestigkeit. Seine hexagonale Struktur bleibt auch bei hohen Temperaturen stabil. Der Titankarbidgehalt (TiC) beträgt üblicherweise 5–15 %, was die Hitzebeständigkeit und die Antihafteigenschaften des Materials verbessert und sich besonders zur Reduzierung der Aufbauschneidenbildung beim Schneiden von Stahl oder hitzebeständigen Legierungen eignet. Tantalkarbid (TaC) ist ein wichtiger Zusatzstoff, dessen Gehalt üblicherweise 1–5 % beträgt. Dies verbessert die Hochtemperaturhärte, die Wärmerissbeständigkeit und die Oxidationsbeständigkeit deutlich und macht das Material in Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen hervorragend geeignet. Kobalt (Co) dient als Bindephase (der Gehalt liegt üblicherweise zwischen 6 % und 12 %). Es schmilzt und füllt während des Sinterprozesses die Lücken zwischen den Hartphasenpartikeln, wodurch das Material eine gute Zähigkeit und Schlagfestigkeit erhält. Zusätzlich können je nach Bedarf Spuren von Niobcarbid (NbC) oder Chromcarbid (Cr_3C_2) hinzugefügt werden, um die Kornverfeinerung oder Korrosionsbeständigkeit weiter zu optimieren. Mikroskopisch gesehen weist YW-Hartmetall eine polykristalline Struktur auf, in der WC-, TiC- und TaC- Partikel gleichmäßig verteilt sind und Co ein durchgehendes Bindungsnetzwerk bildet. Dieser mehrphasige Aufbau gewährleistet die Zuverlässigkeit und Haltbarkeit des Materials bei hohen Temperaturen, hohem Druck und in korrosiven Umgebungen.

Produktleistungsmerkmale von Wolfram-Titan-Tantal (YW)-Hartmetall

Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall ist für seine hervorragende Gesamtleistung bekannt. Seine hohe Härte ist der Hauptvorteil des Produkts. Der Härtebereich liegt zwischen HV 1700 und 1900 und ermöglicht die effektive Bearbeitung von hochhartem Stahl, Titanlegierungen und Nickellegierungen mit einer Härte von bis zu HRC 60 oder höher. Diese hohe Härte ermöglicht eine hervorragende Leistung bei Schwerzerspanung und Präzisionsbearbeitung und verlängert die Lebensdauer von Werkzeugen und Formen deutlich. Darüber hinaus weist das Produkt eine extrem hohe Verschleißfestigkeit auf, mit einer Verschleißrate von nur 0,01–0,015 $mm^3/N \cdot m$, die herkömmliche Schnellarbeitsstahlwerkzeuge deutlich übertrifft. Auch bei hohen Drehzahlen (1500–3500 U/min) oder in partikelhaltigen Medien bleibt die Langzeitstabilität erhalten. Durch die Zugabe von TaC verfügt das Material über eine hervorragende Hitzebeständigkeit. Außerdem behält es bei Temperaturen von 700 bis 1000 °C eine hohe Härte (> 1050 HV), ist beständig gegen thermische Rissbildung und Diffusionsverschleiß und eignet sich besonders für Schneide- und Heißverarbeitungsumgebungen mit hohen Temperaturen. Darüber hinaus liegt die Bruchzähigkeit von Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall zwischen 15 und 18 $MPa \cdot m^{1/2}$. Der Co-Gehalt wirkt sich direkt auf die Zähigkeit aus, die für mittlere bis hohe Stoßbelastungen geeignet ist. Was die Korrosionsbeständigkeit betrifft, verbessern TaC und mögliche Cr-Zusätze die Beständigkeit des Materials gegenüber starken Säuren (pH-Wert < 3), starken Basen (pH-Wert > 12) und H_2S- oder CO_2-haltigen Medien erheblich , und zwar mit einer Korrosionsrate von weniger als 0,01 mm/Jahr. Dadurch ist es besonders geeignet für die Chemie- und Erdölindustrie. Nach dem Feinpolieren kann die Oberflächenrauheit des Produkts Ra < 0,1 µm erreichen , mit geringen Reibungs- und Antihafteigenschaften, wodurch es für die Handhabung viskoser oder korrosiver Medien geeignet ist.

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

Produktklassifizierung und Güteklassen von Wolfram-Titan-Tantal (YW)-Hartmetall

Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall hat verschiedene Gütesysteme entwickelt, die auf dem Verhältnis von TiC , TaC und Co und den vielfältigen Anwendungsszenarien basieren. Diese Güten decken ein breites Spektrum an Anforderungen ab, vom Präzisionsschneiden bis zur extremen Verschleißfestigkeit. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Einführung und Klassifizierungsanalyse der wichtigsten Güten mit Angaben zu Zusammensetzung, Leistungsparametern, Anwendungsszenarien und typischen Anwendungen. Die folgende Tabelle fasst diese Informationen zum besseren Verständnis zusammen:

Marke	Zusammensetzung (Gew.- %)	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m¹ / ²)	Dichte (g/cm³)	Wärmeleitfähigkeit (W/ m²K)	Anwendbare Szenarien	Typische Verwendungen
YW1	WC 78%, TiC 10%, TaC 2 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12.8	65	Stark korrosive Umgebung, Hochdruckverarbeitung	Dichtring, Chemiedüse
YW2	WC 77%, TiC 12%, TaC 3 %, Co 8 %	1750–1850	14-16	12.7	63	Hochtemperaturschneiden, hitzebeständige Legierung	Drehwerkzeuge, Hochtemperaturformen
YW3	WC 76%, TiC 10%, TaC 4 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12.6	62	Schneiden von hochhartem Stahl, unterbrochener Schnitt	Intermittierende Schneidmesser, Ziehsteine
YW5	WC 75%, TiC 15%, TaC 2 %, Co 8 %	1650–1750	16-18	12,5	60	Schweres Schneiden und Stanzen von Materialien mit hoher Härte	Schwere Stanzformen, Schneidmesser
YW10	WC 80%, TiC 5%, TaC 3 %, Co 12 %	1700-1800	16-18	13,0	67	Allgemeines Schneiden, Stoßbelastung	Universal-Drehwerkzeuge, Bohrer
YW15	WC 78%, TiC 10%, TaC 2 %, Co 10 %	1650–1750	17-19	12.8	65	Hohe Stoßbelastungen, verschleißfeste Teile	Bagger, Brecher
YW20	WC 75%, TiC 12%, TaC 3 %, Co 10 %	1600-1700	18-20	12,5	63	Beständig gegen große Stöße und partikelhaltige Medien	Bohrer, Düse
YW25	WC 73%, TiC 15%, TaC 2 %, Co 10 %	1600-1700	18-20	12.4	60	Verarbeitung bei extrem hohen Temperaturen, korrosionsbeständige Umgebung	Hochdruckventile und Dichtungen
YW30	WC 70%, TiC 10%, TaC 5 %, Co 15 %	1550–1650	19-21	12.2	58	Starke Verschleißfestigkeit, komplexe Arbeitsbedingungen	Verschleißfeste Auskleidung, Bergbauwerkzeuge

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

YW1 enthält 10 % Co, 10 % TiC und 2 % TaC , mit einer Härte von HV 1700–1800 und einer Zähigkeit von 15–17 MPa·m¹ / ². Es verfügt über eine hohe Korrosionsbeständigkeit und eignet sich besonders für stark korrosive Umgebungen und Hochdruckverarbeitung, wie zum Beispiel für Dichtungsringe und chemische Düsen.
YW2 enthält 8 % Co, 12 % TiC und 3 % TaC , mit einer Härte von HV 1750–1850 und einer Zähigkeit von 14–16 MPa·m¹ / ². Es verfügt über eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit und eignet sich zum Hochtemperaturschneiden und zur Verarbeitung hitzebeständiger Legierungen, wie zum Beispiel Drehwerkzeuge und Hochtemperaturformen.
YW3 enthält 10 % Co, 10 % TiC und 4 % TaC , mit einer Härte von HV 1700–1800 und einer Zähigkeit von 15–17 MPa·m¹ / ². Es eignet sich zum Schneiden von hochhartem Stahl und für intermittierendes Schneiden, wie z. B. intermittierende Schneidmesser und Ziehsteine.
YW5 enthält 8 % Co, 15 % TiC und 2 % TaC , mit einer Härte von HV 1650–1750 und einer Zähigkeit von 16–18 MPa·m¹ / ². Es ist für Hochleistungsschneiden und -stanzen von Materialien mit hoher Härte, wie z. B. schwere Stanzwerkzeuge und Schneidmesser, konzipiert.
YW10 enthält 12 % Co, 5 % TiC und 3 % TaC , mit einer Härte von HV 1700–1800 und einer Zähigkeit von 16–18 MPa·m¹ / ². Es handelt sich um eine Allzwecksorte, die für allgemeine Schneid- und Schlagbelastungen geeignet ist, wie z. B. Drehwerkzeuge und Bohrer.
YW15 enthält 10 % Co, 10 % TiC und 2 % TaC , mit einer Härte von HV 1650–1750 und einer Zähigkeit von 17–19 MPa·m¹ / ². Es eignet sich für Arbeitsbedingungen mit hoher Stoßbelastung und zur Herstellung verschleißfester Teile wie Tunnelfräsen und -brecher.
YW20 enthält 10 % Co, 12 % TiC und 3 % TaC , mit einer Härte von HV 1600–1700 und einer Zähigkeit von 18–20 MPa·m¹ / ². Es verfügt über eine extrem hohe Schlagzähigkeit und eignet sich für partikelhaltige Medien und komplexe Umgebungen wie Bohrer und Düsen.
YW25 enthält 10 % Co, 15 % TiC und 2 % TaC , mit einer Härte von HV 1600–1700 und einer Zähigkeit von 18–20 MPa·m¹ / ². Es ist für die Verarbeitung bei extrem hohen Temperaturen und korrosionsbeständige Umgebungen wie Hochdruckventile und -dichtungen konzipiert.
YW30 enthält 15 % Co, 10 % TiC und 5 % TaC , mit einer Härte von HV 1550–1650 und einer Zähigkeit von 19–21 MPa·m¹ / ². Es eignet sich für starken Verschleiß und komplexe Arbeitsbedingungen, wie zum Beispiel für verschleißfeste Auskleidungen und Bergbauwerkzeuge.

Die Vielfalt dieser Sorten spiegelt die Flexibilität von Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetallen wider. Anwender können je nach Verarbeitungshärte, Temperaturbedingungen und Umweltkorrosivität die passende Sorte auswählen und passende Produkte für Präzisionsschnitte bis hin zu extremer Verschleißfestigkeit finden.

Herstellungsprozess von Wolfram-Titan-Tantal (YW) Hartmetallprodukten

Der Herstellungsprozess von Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall verkörpert die Essenz moderner Materialwissenschaft. Von der Rohstoffaufbereitung bis zum Endprodukt wird jeder Schritt streng kontrolliert. Zunächst werden hochreine Wolframkarbid-, Titankarbid-, Tantalkarbid- und Kobaltpulver mit einer Partikelgröße von 0,5–2 µm ausgewählt und 24–48 Stunden lang in einer

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

Nasskugelmühle mit einem Dispergiermittel vermischt, um eine gleichmäßige Zusammensetzung zu gewährleisten. Anschließend wird die Mischung getrocknet und mittels Sprühtrocknung granuliert. Die Partikelgrößenverteilung beträgt weniger als 5 µm und bildet die Grundlage für die anschließende Formgebung. Der Formgebungsprozess umfasst kaltisostatisches Pressen (CIP, Druck 200–300 MPa) oder heißisostatisches Pressen (HIP, 1300–1500 °C, Druck 100–200 MPa), sodass die Dichte des Grünkörpers 60–70 % erreicht und durch den HIP-Prozess die Dichte auf über 98 % erhöht wird. Für komplexe Geometrien können Metallspritzguss (MIM) oder 3D-Drucktechnologie mit einer Genauigkeit von bis zu ±0,05 mm verwendet werden. Der Sinterprozess verwendet Vakuumsintern (1400–1600 °C, 1–2 Stunden) oder Flüssigphasensintern, und das Kobalt schmilzt bei hoher Temperatur, um die Poren zu füllen und die Korngröße in einem Bereich von 1–5 µm zu kontrollieren . Nach dem Sintern werden Plasmareinigung und Glühen (800–1000 °C) verwendet, um die Oberflächenoxidschicht zu entfernen und die inneren Spannungen abzubauen. Abschließend wird das Produkt mittels CNC-Präzisionsschleifen (Genauigkeit ±0,01 mm), PVD-Beschichtung (z. B. TiN , Dicke 2–10 µm) oder chemisch-mechanischem Polieren (Oberflächenrauheit Ra < 0,1 µm) bearbeitet, wodurch eine hochwertige Oberflächenbeschaffenheit und funktionale Eigenschaften erzielt werden.

Produktanwendungsbereiche von Wolfram-Titan-Tantal (YW) Hartmetall

Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall bietet aufgrund seiner vielfältigen Leistungsvorteile ein breites Anwendungsspektrum in vielen Industriebereichen. Seine hervorragende Hitzebeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit machen es besonders in extremen Verarbeitungs- und Dichtungsumgebungen hervorragend geeignet. Im Folgenden werden die wichtigsten Anwendungsgebiete detailliert beschrieben und die spezifischen Anwendungsszenarien und Beispiele in Listenform dargestellt:

Schneidwerkzeugfeld

Beschreibung: Die Sorten YW2, YW3 und YW10 werden aufgrund ihrer hohen Härte und Hitzebeständigkeit häufig zur Herstellung von Drehwerkzeugen, Fräsern und Bohrern verwendet und eignen sich hervorragend zur Bearbeitung von hochhartem Stahl, Titanlegierungen und Nickelbasislegierungen. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt 150–250 m/min und die Standzeit 1000–1500 Stunden, was die Bearbeitungseffizienz deutlich verbessert. Die Sorte YW18 eignet sich besonders zum Schneiden von Edelstahl und hitzebeständigen Legierungen und reduziert thermische Verformungen und Aufbauschneidenbildung.

Spezifische Anwendungen:

Luft- und Raumfahrt: Bearbeitung von Turbinenschaufeln und Strukturteilen für die Luft- und Raumfahrt.

Mechanische Fertigung: Herstellung hochfester Zahnräder und Lager.

Beispiel: Ein Luftfahrtunternehmen verwendete YW2-Drehwerkzeuge zur Bearbeitung von Teilen aus Titanlegierungen und erhöhte deren Lebensdauer um 35 %.

Stanzwerkzeugfeld

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

Beschreibung: Die Güten YW5 und YW25 werden aufgrund ihrer Hitzebeständigkeit und hohen Zähigkeit häufig zum Stanzen von hochhartem Stahl und hitzebeständigen Legierungen verwendet, beispielsweise für Karosserieteile, Strukturteile für die Luft- und Raumfahrt sowie Gehäuse für elektronische Komponenten. Die Anzahl der Stanzvorgänge kann über 1 Million betragen. Die Formoberfläche weist starke Korrosions- und Antihafteigenschaften auf, was eine hohe Präzision und Oberflächenqualität des Werkstücks gewährleistet. Die Güte YW3 eignet sich auch zum intermittierenden Stanzen, um Formrisse zu reduzieren.
Spezifische Anwendungen:
Automobilbau: Stanzen von Türen und Motorhauben.
Elektronikindustrie: Herstellung von Präzisionssteckverbindern und Gehäusen.
Beispiel: Eine Autofabrik verwendete die YW5-Form zum Stanzen von hochfestem Stahl und sie lief 800.000 Mal im Dauerbetrieb ohne erkennbaren Verschleiß.

Hochtemperaturverarbeitungsbereich

Beschreibung: Die Sorten YW2 und YW25 werden aufgrund ihrer hervorragenden Hitzebeständigkeit (bis 1000 °C) und Oxidationsbeständigkeit häufig zum Hochtemperaturschneiden und Stanzen hitzebeständiger Legierungen wie Inconel 718 und Wolframlegierungen eingesetzt. Sie überzeugen in der Luft- und Raumfahrt, der Energie- und Rüstungsindustrie durch ihre stabile Schneidleistung und lange Lebensdauer in Hochtemperaturumgebungen. YW15 eignet sich auch zur Endbearbeitung von Werkstücken nach der Wärmebehandlung.
Spezifische Anwendungen:
Luft- und Raumfahrt: Bearbeitung von Raketentriebwerkskomponenten.
Energiebranche: Schneiden von Hochtemperatur-Kesselrohren.
Beispiel: Ein Energieunternehmen verwendete YW25 zum Schneiden von Hochtemperaturventilen und steigerte so die Verarbeitungseffizienz um 20 %.

Bereich Verschleißteile

Beschreibung: Die Güten YW15, YW20 und YW30 werden aufgrund ihrer hervorragenden Hitzebeständigkeit und Verschleißfestigkeit zur Herstellung von Ziehwerkzeugen, Heißprägewerkzeugen, verschleißfesten Auskleidungen und Führungsschienen verwendet. Sie finden breite Anwendung im Automobilbau, im Schwermaschinenbau und im Bergbau. Diese Teile sind beständig gegen Hochtemperaturverschleiß, Adhäsion und Partikelerosion, verlängern ihre Lebensdauer und erbringen insbesondere bei kontinuierlicher Produktion eine hohe Leistung. YW25 kann auch für korrosionsbeständige Beschichtungen verwendet werden.
Spezifische Anwendungen:
Automobilindustrie: Herstellung von Warmumformungsformen aus Stahlblech .
Schwermaschinen: Herstellung verschleißfester Laufbuchsen und Walzen.
Beispiel: Eine Maschinenfabrik verwendet YW20-Streckwerkzeuge zur Herstellung von Autoteilen mit einer Lebensdauer von 120.000 Mal.

Energie- und Chemieindustrie

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

Beschreibung: Die Werkstoffe YW1 und YW25 werden aufgrund ihrer Korrosionsbeständigkeit und hohen Temperaturstabilität häufig in Ventildichtungen, Hochdruckdüsen, Reaktorauskleidungen und Rohrverbindungen in Energie- und Chemieanlagen eingesetzt. Diese Teile können lange Zeit in Säure-Basen-, Hochtemperaturgas- oder H_2S-Medien betrieben werden, um Leckagen und Verschleiß zu reduzieren. YW30 eignet sich auch für verschleißfeste Auskleidungen unter extremen Bedingungen.
Spezifische Anwendungen:
Petrochemische Industrie: Verarbeitung von Hochdruckreaktoren und Pipelines.
Energieausrüstung: Herstellung von Ventilen und Pumpenkomponenten für Kernkraftwerke.
Beispiel: Eine Raffinerie verwendete YW1-Dichtungen 6.000 Stunden lang ohne Anzeichen von Korrosion.

Medizin- und Präzisionsfertigung
Beschreibung: Die Werkstoffe YW10 und YW15 werden aufgrund ihrer hohen Präzision und Verschleißfestigkeit zur Herstellung von Zahnbohrern, Mikroschneidwerkzeugen und Präzisionsformen verwendet. Diese Werkzeuge eignen sich hervorragend für die medizinische Chirurgie, die Herstellung elektronischer Komponenten und optischer Instrumente und erreichen eine Bearbeitungsgenauigkeit im Mikrometerbereich. YW5 eignet sich auch für die Verarbeitung gemischter Materialien.
Spezifische Anwendungen:
Medizinindustrie: Herstellung von orthopädischen chirurgischen Instrumenten und Zahnbohrern.
Elektronikfertigung: Verarbeitung von Mikrosensoren und Steckverbindern.
Beispiel: Ein Medizinunternehmen verwendet einen YW10-Bohrer zur Bearbeitung künstlicher Gelenke mit einer Genauigkeit von ±0,01 mm.
Verteidigungs- und Spezialindustrie
Beschreibung: Die Güten YW30 und YW25 werden aufgrund ihrer hohen Zähigkeit und Hitzebeständigkeit in der Rüstungsindustrie zum Schneiden von Panzerstahl, zur Bearbeitung von Raketenkomponenten und zur Herstellung von Speziallegierungen eingesetzt. Diese Anwendungen erfordern Werkstoffe, die auch bei extrem hohen Temperaturen und Stoßbelastungen ihre Leistungsfähigkeit behalten. YW15 kann auch zur Herstellung hochpräziser Militärformen und Panzerauskleidungen verwendet werden.
Spezifische Anwendungen:
Rüstungsproduktion: Schneiden von Panzerpanzerungen und Artilleriegeschossen.
Luft- und Raumfahrtindustrie: Verarbeitung von Satellitenstrukturteilen.
Beispiel: Eine Verteidigungseinheit verwendete YW30 zum Schneiden von Panzerstahl und seine Lebensdauer erhöhte sich um 45 %.

Schiffstechnik und Korrosionsschutzanwendungen
Beschreibung: Die Güten YW1 und YW25 werden aufgrund ihrer hervorragenden Korrosions- und Seewasserbeständigkeit in Bohrwerkzeugen, Tauchpumpendichtungen und Offshore-Plattformkomponenten im Schiffsbau eingesetzt. Diese Komponenten können lange Zeit in Salznebel, Hochdruck und korrosivem Seewasser betrieben werden, was die Wartungskosten

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

reduziert.

Spezifische Anwendungen:

Meeresbohrungen: Herstellung von Tiefseebohrern und Pumpendichtungen.

Offshore-Plattformen: Verarbeitung korrosionsbeständiger Rohre.

Beispiel: Ein Schifffahrtsunternehmen verwendete den Bohrer YW1 5.000 Stunden lang bei Tiefseearbeiten mit stabiler Leistung.

Die breite Anwendung von Wolfram-Titan-Tantal-Hartmetall in diesen Bereichen beweist seine hervorragende Leistung bei extrem hohen Temperaturen, hohem Druck, starker Korrosion und komplexen Verarbeitungsumgebungen und bietet effiziente und langlebige Verarbeitungs- und Dichtungslösungen für verschiedene Branchen.

Wolfram-Titan-Tantal (YW)-Hartmetall hat sich aufgrund seiner hervorragenden Härte, Hitzebeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit zum Kernwerkstoff für industrielle Schneidarbeiten, Hochtemperaturverarbeitung und Anwendungen in extremen Umgebungen entwickelt. Dank seiner wissenschaftlichen Zusammensetzung, des präzisen Herstellungsprozesses und der vielfältigen Sortenauswahl erfüllt es ein breites Spektrum an Anforderungen, vom Präzisionsschneiden bis hin zur hohen Verschleißfestigkeit.

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

GB/T 2076-2015
Hartmetall
Überblick

Standardnummer: GB/T 2076-2015
Chinesischer Name: Hartmetall
Englischer Name: Carbide Alloys
Veröffentlichungsdatum: 9. Oktober 2015
Datum des Inkrafttretens: 1. Mai 2016
Ersatzversion: Ersetzt GB/T 2076-2003
Formulierungseinheit: Sie wird von der Standardization Administration of China (SAC) herausgegeben und zu den spezifischen Redaktionseinheiten gehören Verbände der Hartmetallindustrie, wissenschaftliche Forschungseinrichtungen und Unternehmen.
Anwendungsbereich: Geeignet für Hartmetallprodukte, die im Pulvermetallurgieverfahren mit Hartmetall (wie WC, TiC , TaC usw.) als Hartphase und Metall (wie Co, Ni) als Bindephase hergestellt werden, einschließlich Schneidwerkzeugen, Formen, verschleißfesten Teilen usw.

---

1. Geltungsbereich

Die anwendbaren Objekte der Norm werden wie folgt definiert: alle Hartmetalle mit Hartmetall als Hartphase und Metall als Bindephase, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Wolfram-Kobalt (YG), Wolfram-Titan-Kobalt (YT), Wolfram-Titan-Tantal (YW) usw.
Die anwendbaren Szenarien werden erläutert: Schneiden, Stanzen, Bergbauwerkzeuge, verschleißfeste Teile usw.
Bitte beachten Sie, dass es nicht auf Hartstoffe oder Beschichtungsprodukte anwendbar ist, die nicht pulvermetallurgisch hergestellt wurden.

2. Normative Verweisungen

Weitere mit dieser Norm in Zusammenhang stehende nationale Normen sind für die Prüfung und Leistungsbewertung aufgeführt, darunter, jedoch nicht beschränkt auf:
GB/T 3850: Prüfverfahren für die Härte von Hartmetall
GB/T 3851: Prüfverfahren für die Biegefestigkeit von Hartmetall
GB/T 5242: Verfahren zur Bestimmung der Dichte von Hartmetall
GB/T 5243: Verfahren zur Bestimmung der Mikrostruktur von Hartmetall
GB/T 5244: Chemische Analysemethoden für Hartmetall
Diese Standards bieten eine technische Grundlage für Leistungstests und gewährleisten Konsistenz.

3. Begriffe und Definitionen

Definiert hartmetallbezogene Begriffe wie:
Hartphase: eine allgemeine Bezeichnung für Carbide (wie WC, TiC , TaC).
Bindungsphase: die Rolle des Metalls (z. B. Co, Ni).
Sorte: Klassifizierungszeichen für Hartmetall (z. B. YG6, YT5).
Mikrostruktur: Eigenschaften wie Korngröße und Phasenverteilung.
Stellen Sie sicher, dass die Terminologie innerhalb des Standards konsistent verwendet wird.

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

4. Noten und Klassifizierung

Regeln für die Markenbenennung:

YG-Serie: Wolfram-Kobalt-Typ. Der Buchstabe „YG“ setzt sich aus den Pinyin-Initialen „Wolfram“ (W ǔ) und „Kobalt“ (G ǔ) zusammen , und die Zahl steht für den Kobaltgehalt (z. B. bedeutet YG6 6 %).

YT-Serie: Wolfram-Titan-Kobalt. „YT“ setzt sich aus „Wolfram“ (W ǔ) und „Titan“ (Tài) zusammen. Die Zahl gibt die Leistung bzw. den Kobaltgehalt an (z. B. YT 5) .

YW-Serie: Wolfram-Titan-Tantal. „YW“ setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der Wörter „Wolfram“ (W ǔ) , „Titan“ (Tài) und „Tantal“ (Tàn) zusammen. Die Zahlen geben die Leistungsstufe an (z. B. YW1).

Klassifizierung nach:

Nach Hauptbestandteilen: WC-Co (YG), WC- TiC -Co (YT), WC- TiC-TaC -Co (YW).

Nach Leistung: hohe Härte, Verschleißfestigkeit, hohe Zähigkeit usw.

Nach Zweck: Schneiden, Stanzen, Verschleißfestigkeit usw.

5. Technische Voraussetzungen

Benötigte Zutaten:

Der Anteil an Karbid und Bindephase ist für jede Sorte angegeben. Beispielsweise beträgt der Co-Gehalt von YG6 5,5–6,5 %, während WC 93–94 % ausmacht.

vom zulässigen Gehalt an Verunreinigungen (wie etwa Fe, O_2) .

Physikalische Eigenschaften:

Härte: Ausgedrückt in HV oder HRA, je nach Marke zwischen 1500 und 2000 HV.

Biegefestigkeit: 1500–2500 MPa, gibt die Bruchfestigkeit des Materials an.

Dichte: 11,2–15,0 g/cm³ , abhängig vom Zusammensetzungsverhältnis.

Bruchzähigkeit: 12–25 MPa·m¹ /² (für einige Sorten verfügbar).

Mikrostruktur: Die Korngröße wird üblicherweise auf 0,5–5 μm kontrolliert .

Oberflächenqualität: keine Defekte wie Risse und Poren, Oberflächenrauheit Ra ≤ 0,8 μm (kann nach der Bearbeitung 0,1 μm erreichen).

6. Testmethoden

Härteprüfung: Verwenden Sie gemäß GB/T 3850 einen Vickers- oder Rockwell-Härteprüfer.

Biegefestigkeitsprüfung: Gemäß GB/T 3851, Dreipunkt- oder Vierpunkt-Biegemethode.

Dichteprüfung: Gemäß GB/T 5242, Drainagemethode oder Archimedes-Methode.

Chemische Analyse: Gemäß GB/T 5244 wurden die Gehalte an WC, Co, TiC , TaC usw. bestimmt.

Mikrostrukturanalyse: Verwenden Sie gemäß GB/T 5243 ein metallografisches Mikroskop oder ein Rasterelektronenmikroskop, um die Korngröße und Phasenverteilung zu bewerten.

7. Inspektionsregeln

Probenahme: Die Probenahme erfolgt chargenweise, die Anzahl der Proben ist in der Standardtabelle angegeben (z. B. 5–10 Stück pro Charge).

Prüfpunkte: Zusammensetzung, Härte, Biegefestigkeit, Dichte und Mikrostruktur.

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

Beurteilung: Alle Indikatoren müssen den technischen Anforderungen entsprechen. Wenn ein einzelner Artikel versagt, wird er als fehlerhaftes Produkt beurteilt.

8. Verpackung, Kennzeichnung, Transport und Lagerung

Verpackung: Verwenden Sie feuchtigkeits- und stoßfeste Holzkisten oder Kunststoffverpackungen, die mit Schutzmaterialien ausgekleidet sind.

Kennzeichnung: Markennummer (z. B. YG6), Produktionschargennummer, Produktionsdatum und Herstellerinformationen.

Transport: Vermeiden Sie starke Vibrationen und Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit.

Lagerung: An einem trockenen und belüfteten Ort, fern von ätzenden Substanzen, lagern.

9. Qualitätszertifikat

Stellen Sie einen Testbericht bereit, einschließlich Marke, Chargennummer, Leistungsdaten (Härte, Festigkeit usw.) und Testergebnis.

Das Zertifikat muss vom Hersteller ausgestellt sein und den Anforderungen von GB/T 2076 entsprechen.

10. Anhang

Anhang A: Vergleichstabelle für Marken und Leistung, listet die typischen Leistungsparameter der Serien YG, YT und YW auf.

Anhang B: Detaillierte Erläuterung der Testmethode, ergänzend zu den Arbeitsschritten von GB/T 3850 und anderen Standards.

Anhang C (Informativ): Internationaler Normenvergleich (wie ISO 513), als Referenz, aber nicht obligatorisch.

11. Wichtige Aktualisierungen von GB/T 2076-2003

Neue Sorten: Relevante Anforderungen für nanokristallines Hartmetall (wie YG6X) und beschichtetes Hartmetall hinzugefügt.

Leistungsverbesserung: Die Biegefestigkeit und Zähigkeit einiger Sorten wurden verbessert.

Optimierung der Testmethoden: Es wurde eine präzisere Methode zur Mikrostrukturanalyse eingeführt.

Anforderungen an den Umweltschutz: Verstärkte Kontrolle schädlicher Substanzen (wie Schwermetalle) im Produktionsprozess.

Standardmerkmale und Bedeutung

Standardisierung: Vereinheitlichung der Benennungs- und Leistungsanforderungen von Hartmetall, um die inländische Produktion und den internationalen Handel zu erleichtern.

Technologischer Fortschritt: Die Ausgabe 2015 spiegelt die Entwicklung der Nanotechnologie und Beschichtungstechnologie wider, um sie an die modernen industriellen Anforderungen anzupassen.

Praktikabilität: Abdeckung des gesamten Prozesses vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt, um die Produktqualität sicherzustellen.

Holen Sie sich den vollständigen Text

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

Offizielle Kanäle: Kann über die nationale Standardisierungsinformationsdienstplattform China Standards Press erworben werden.

Kosten: Der Volltext von Standardwerken ist in der Regel kostenpflichtig erhältlich, wobei der Preis je nach Ausgabe und Sprache variiert.

Alternative Ressourcen: Einige Zusammenfassungen oder Interpretationen finden Sie möglicherweise auf den Websites von Branchenverbänden oder in der wissenschaftlichen Literatur.

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

Vergleichstabelle chinesischer und internationaler Hartmetallsorten

China Marke	Zusammensetzung (Gew.- %)	Härte (HV)	Bruchzähigkeit (MPa·m¹ / ²)	Dichte (g/cm³)	ISO Notenbereich	Anwendbare Szenarien
YG6	WC 94%, Co 6%	1800-1900	14-16	14.9	K10-K20	Präzisionsschneiden von Gusseisen und Nichteisenmetallen
YG6X	WC 94%, Co 6% (Ultrafeine Körnung)	1900–2000	13-15	14.9	K05-K10	Ultrapräzisionsschneiden, Mikrowerkzeuge
YG8	WC 92%, Co 8%	1700-1800	16-18	14.7	K20-K30	Stanzwerkzeuge, Mittellastschneiden
YG10	WC 90%, Co 10%	1650–1750	17-19	14,5	K30-K40	Allgemeines Schneiden, Stoßbelastung
YG15	WC 85 %, Co 15 %	1500-1600	18-20	14,0	K40	Starke Stoßbedingungen, Tunnelwerkzeuge
YG20	WC 80%, Co 20%	1500-1600	20-25	13.8	K40-K50	Beständig gegen große Stöße und partikelhaltige Medien
YT5	WC 81 %, TiC 15 %, Co 4 %	1750–1850	12-14	11.8	P10-P20	Hochgeschwindigkeitsschneiden von Stahl und harten Materialien
YT14	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11.6	P20-P30	Mittelgeschwindigkeitsschneiden von Stahl, Vorschlichten
YT15	WC 79 %, TiC 15 %, Co 6 %	1700-1800	12-14	11.5	P30	Hitzebeständige Schneid- und Stanzmaterialien
YT30	WC 70 %, TiC 20 %, Co 10 %	1600-1700	14-16	11.2	P40	Hochleistungsschneiden und Stanzen von hochhartem Stahl
YW1	WC 78 %, TiC 10 %, TaC 2 %, Co 10 %	1700-1800	15-17	12.8	P10-P20/M10-M20	Stark korrosive Umgebung, Hochdruckverarbeitung
YW2	WC 77 %, TiC 12 %, TaC 3 %, Co 8 %	1750–1850	14-16	12.7	P20-P30	Hochtemperaturschneiden, hitzebeständige Legierung
YW5	WC 75 %, TiC 15 %, TaC 2 %, Co 8 %	1650–1750	16-18	12,5	P30-P40	Schweres Schneiden und Stanzen von Materialien mit hoher Härte

veranschaulichen

Chinesische Marke : Basierend auf dem GB/T 2076-Standard steht YG für Wolfram-Kobalt-System, YT für Wolfram-Titan-Kobalt-System und YW für Wolfram-Titan-Tantal-System. Die Zahlen geben in der Regel den Kobaltgehalt oder die Leistungsklasse an.

ISO -Klasse :

Kategorie K : geeignet für Gusseisen und Nichteisenmetalle, K10–K20 steht für Präzisionsschneiden mit hoher Härte, K40–K50 steht für hohe Zähigkeit und hohe Belastung.

Kategorie P : Geeignet zum Schneiden von Stahl, P10–P20 steht für Hochgeschwindigkeitsschneiden und P30–P40

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

steht für Schneiden bei hoher Belastung oder Hitzebeständigkeit.

Klasse M : Gilt für eine Vielzahl von Materialien. Aufgrund der Korrosionsbeständigkeit kann YW1 M10–M20 umfassen.

Eigenschaftsbereich : Angaben zu Härte, Zähigkeit und Dichte sind typische Werte. Spezifische Parameter **können** aufgrund von Produktionsprozessen (z. B. ultrafeine Körnung oder Beschichtungen) variieren.

Anwendbare Szenarien : Basierend auf der ISO-Klassifizierung und tatsächlichen Anwendungserfahrungen tendiert die YG-Serie zum K-Typ, die YT-Serie zum P-Typ und die YW-Serie kann aufgrund der Zugabe von TaC sowohl den P- als auch den M-Typ berücksichtigen .

Vorsichtsmaßnahmen

ISO-Qualitäten sind allgemeine Bereiche und entsprechen nicht 1:1. Die tatsächliche Auswahl muss auf Grundlage des Werkstückmaterials, der Schnittbedingungen und der Werkzeugkonstruktion erfolgen.

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

Vergleichstabelle für Hartlegierungssorten aus China und dem Ausland

China-Qualität	Zusammensetzung (Gewichtsprozent)	Härte (HV)	Bruch Zähigkeit (MPa·m¹ / ²)	Dichte (g/cm³)	ISO-Klasse Reichweite	Anwendungsszenarien
YG6	WC 94, Co 6	1800-1900	14-16	14.9	K10-K20	Präzisionsschneiden von Gusseisen, Nichteisenmetallen
YG6X	WC 94, Co (ultrafein)	1900–2000	13-15	14.9	K05-K10	Ultrapräzisionsschneiden, Mikrowerkzeuge
YG8	WC 92, Co 8	1700-1800	16-18	14.7	K20-K30	Stanzformen, Mittellastschneiden
YG10	WC 90, Co 10	1650–1750	17-19	14,5	K30-K40	Allgemeines Schneiden, Stoßbelastung
YG15	WC 85, Co 15	1500-1600	18-20	14,0	K40	Starke Belastungsbedingungen, Tunnelwerkzeuge
YG20	WC 80, Co 20	1500-1600	20-25	13.8	K40-K50	Hohe Schlagfestigkeit, partikelhaltige Medien
YT5	WC 81, TiC 15, Co 4	1750–1850	12-14	11.8	P10-P20	Hochgeschwindigkeitsschneiden von Stahl, harten Werkstoffen
YT14	WC 79, TiC 15, Co 6	1700-1800	12-14	11.6	P20-P30	Mittelgeschwindigkeitsschneiden von Stahl, Vorschlichten
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1700-1800	12-14	11.5	P30	Hitzebeständiges Schneiden, Stanzen hitzebeständiger Materialien
YT30	WC 70, TiC 20, Co 10	1600-1700	14-16	11.2	P40	Hochleistungsschneiden, Stanzen von hochhartem Stahl
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1800	15-17	12.8	P10-P20/M10-M20	Stark korrosive Umgebungen, Hochdruckverarbeitung
YW2	WC 77, TiC 12, TaC 3, Co 8	1750–1850	14-16	12.7	P20-P30	Hochtemperaturschneiden, hitzebeständige Legierungen
YW5	WC 75, TiC 15, TaC 2, Co 8	1650–1750	16-18	12,5	P30-P40	Hochleistungsschneiden und Stanzen von Materialien mit hoher Härte

Hinweise

Chinesische Güteklassen : Basierend auf GB/T 2076 steht YG für die Wolfram-Kobalt-Reihe, YT für die Wolfram-Titan-Kobalt-Reihe und YW für die Wolfram-Titan-Tantal-Reihe. Die Zahlen geben üblicherweise den Kobaltgehalt oder das Leistungsniveau an.

ISO -Klassen :

K- Klasse : Geeignet für Gusseisen und Nichteisenmetalle, K10–K20 für Präzisionsschneiden mit hoher Härte, K40–K50 für schwere Lasten mit hoher Zähigkeit.

P -Klasse : Geeignet zum Schneiden von Stahl, P10–P20 zum Hochgeschwindigkeitsschneiden, P30–P40 zum Schneiden schwerer oder hitzebeständiger Materialien.

M- Klasse : Geeignet für mehrere Materialien, die Korrosionsbeständigkeit von YW1 kann M10–M20 umfassen.

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

Leistungsbereich : Härte-, Zähigkeits- und Dichteangaben sind typische Werte und können produktionsbedingt (z **. B.** Feinstkörnung oder Beschichtung) abweichen.

Anwendungsszenarien : **Aufgelistet** basierend auf ISO-Klassifizierungen und praktischer Erfahrung, wobei die YG-Serie eher zur K-Klasse tendiert, die YT-Serie eher zur P-Klasse und die YW-Serie aufgrund der TaC- Zugabe möglicherweise die P- und M-Klassen umfasst.

Überlegungen

ISO-Klassen stellen einen allgemeinen Bereich dar, und die Entsprechung ist nicht immer eins zu eins. Bei der tatsächlichen Auswahl sollten Werkstückmaterial, Schnittbedingungen und Werkzeugdesign berücksichtigt werden.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved