

Enzyklopädie des Wolframtiegels

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
Seltenerdmetallindustrie

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

EINFÜHRUNG IN DIE CTIA GROUP

Die CTIA GROUP LTD, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft mit unabhängiger Rechtspersönlichkeit, die von CHINATUNGSTEN ONLINE gegründet wurde, widmet sich der Förderung des intelligenten, integrierten und flexiblen Designs und der Herstellung von Wolfram- und Molybdänmaterialien im Zeitalter des industriellen Internets. CHINATUNGSTEN ONLINE, gegründet 1997 mit www.chinatungsten.com als Ausgangspunkt – Chinas erste erstklassige Website für Wolframprodukte – ist das bahnbrechende E-Commerce-Unternehmen des Landes, das sich auf die Wolfram-, Molybdän- und Seltenerdmetallindustrie konzentriert. Mit fast drei Jahrzehnten umfassender Erfahrung in den Bereichen Wolfram und Molybdän erbt die CTIA GROUP die außergewöhnlichen Design- und Fertigungskapazitäten, die hervorragenden Dienstleistungen und den weltweiten Ruf ihrer Muttergesellschaft und wird zu einem umfassenden Anbieter von Anwendungslösungen in den Bereichen Wolframchemikalien, Wolframmetalle, Hartmetalle, Legierungen mit hoher Dichte, Molybdän und Molybdänlegierungen.

In den letzten 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE mehr als 200 mehrsprachige professionelle Websites für Wolfram und Molybdän eingerichtet, die mehr als 20 Sprachen abdecken und über eine Million Seiten mit Nachrichten, Preisen und Marktanalysen in Bezug auf Wolfram, Molybdän und Seltene Erden enthalten. Seit 2013 hat der offizielle WeChat-Account "CHINATUNGSTEN ONLINE" über 40.000 Informationen veröffentlicht, fast 100.000 Follower bedient und täglich Hunderttausenden von Branchenexperten weltweit kostenlose Informationen zur Verfügung gestellt. Mit kumulativen Besuchen auf seinem Website-Cluster und seinem offiziellen Konto, die Milliarden von Malen erreichen, hat es sich zu einer anerkannten globalen und maßgeblichen Informationsdrehscheibe für die Wolfram-, Molybdän- und Seltenerdmetallindustrie entwickelt, die 24/7 mehrsprachige Nachrichten, Produktleistungen, Marktpreise und Markttrenddienste bietet.

Aufbauend auf der Technologie und Erfahrung von CHINATUNGSTEN ONLINE konzentriert sich die CTIA GROUP darauf, die personalisierten Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen. Unter Verwendung der KI-Technologie entwirft und produziert das Unternehmen gemeinsam mit Kunden Wolfram- und Molybdänprodukte mit spezifischen chemischen Zusammensetzungen und physikalischen Eigenschaften (wie Partikelgröße, Dichte, Härte, Festigkeit, Abmessungen und Toleranzen). Das Unternehmen bietet integrierte Dienstleistungen rund um den Prozess, die von der Werkzeugöffnung über die Probeproduktion bis hin zur Endbearbeitung, Verpackung und Logistik reichen. In den letzten 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE mehr als 130.000 Kunden weltweit F&E-, Design- und Produktionsdienstleistungen für über 500.000 Arten von Wolfram- und Molybdänprodukten erbracht und damit 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.

Dr. Hanns und sein Team bei der CTIA GROUP haben auf der Grundlage ihrer mehr als 30-jährigen Branchenerfahrung auch Wissens-, Technologie-, Wolframpreis- und Markttrendanalysen in Bezug auf Wolfram, Molybdän und Seltene Erden verfasst und veröffentlicht und diese frei mit der Wolframindustrie geteilt. Dr. Han verfügt seit den 1990er Jahren über mehr als 30 Jahre Erfahrung im E-Commerce und internationalen Handel mit Wolfram- und Molybdänprodukten sowie in der Entwicklung und Herstellung von Hartmetallen und hochdichten Legierungen und ist ein anerkannter Experte für Wolfram- und Molybdänprodukte im In- und Ausland. Das Team der CTIA GROUP hält sich an das Prinzip, der Branche professionelle und qualitativ hochwertige Informationen zur Verfügung zu stellen, und verfasst kontinuierlich technische Forschungsarbeiten, Artikel und Branchenberichte, die auf der Produktionspraxis und den Bedürfnissen der Marktkunden basieren und in der Branche weithin gelobt werden. Diese Erfolge sind eine solide Unterstützung für die technologische Innovation, die Produktförderung und den Branchenaustausch der CTIA GROUP und machen sie zu einem führenden Unternehmen bei der Herstellung und Information von Wolfram- und Molybdänprodukten.



Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

CTIA GROUP LTD

Tungsten Crucible Introduction

1. Overview of Tungsten Crucibles

Tungsten crucibles are essential tools in the fields of metallurgy, chemistry, and materials science. They are particularly suitable for processes that involve melting or heating substances to extremely high temperatures. Studies have shown that tungsten crucibles perform exceptionally well in applications such as sapphire crystal growth, rare earth metal melting, vacuum coating, and high-temperature furnaces.

2. Features of Tungsten Crucibles

Ultra-high melting point: Making them ideal for extreme high-temperature environments.

High purity: purity of $\geq 99.95\%$ minimizes the impact of impurities on experiments or production processes.

Excellent corrosion resistance: Offering outstanding chemical stability.

High density and low vapor pressure: Ensuring material stability.

High strength and wear resistance: Ensuring long service life.

Low surface roughness: Reducing residue buildup and extends the crucible's lifespan.

3. Applications of Tungsten Crucibles

Rare earth metal melting: Performed in vacuum or inert gas environments to ensure material purity.

Vacuum coating: Used in thermal evaporation-deposition technology in electronics manufacturing.

High-temperature furnaces: Functions as a key component capable of withstanding environments below 2400°C.

Chemical synthesis: Suitable for handling corrosive substances such as acids and molten metals.

Metal smelting and refining: Used for melting and refining high-purity metals.

Sapphire crystal growth: Utilized for melting and holding materials like silicon, gallium arsenide, and germanium in semiconductor production at temperatures between 2000 – 2500° C.

4. Specifications of Tungsten Crucibles

Specification	Details
Material	Pure tungsten or tungsten alloy
Purity	99.95%
Diameter	20–620 mm
Height	20–500 mm
Wall Thickness	3.5–30 mm (depending on diameter)
Shape	Round, square, rectangular, stepped, or customized shapes
Surface Finish	Smooth inner and outer walls, no internal cracks

5. Purchasing Information

Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Inhalt

Kapitel 1 Allgemeine Theorie des Wolframtiegels

- 1.1 Definition und Grundbegriff des Wolframtiegels
- 1.2 Historische Entwicklung der Wolframtiegel
- 1.3 Die strategische Bedeutung des Wolframtiegels in der modernen Industrie
- 1.4 Globale Verteilung der Wolframressourcen und Status des Abbaus
- 1.5 Überblick über die Industriekette für Wolframtiegel

Kapitel 2 Produkteigenschaften des Wolframtiegels

- 2.1 Geometrie und Größenangaben des Wolframtiegels
 - 2.1.1 Standardabmessungen (Durchmesser, Wandstärke, Höhe)
 - 2.1.2 Kundenspezifisches Design und nicht standardmäßige Größe
 - 2.1.3 Volumen und Tragfähigkeit
 - 2.1.4 Formausführung (zylindrisch, konisch, Sonderform)
- 2.2 Oberflächenqualität des Wolframtiegels
 - 2.2.1 Polieren, Schleifen und Bearbeiten von Oberflächen
 - 2.2.2 Surface roughness standards (Ra, Rz)
 - 2.2.3 Erkennung und Kontrolle von Oberflächenfehlern
 - 2.2.4 Oberflächenbeschichtung und -modifikation
- 2.3 Reinheit des Wolframtiegelmaterials
 - 2.3.1 Hochreines Wolfram
 - 2.3.2 Analyse von Verunreinigungselementen
 - 2.3.3 Einfluss der Reinheit auf die Leistung bei hohen Temperaturen
- 2.4 Thermische Eigenschaften des Wolframtiegels
 - 2.4.1 Hohe Temperaturstabilität des Wolframtiegels
 - 2.4.2 Temperaturwechselbeständigkeit und thermische Ermüdungslebensdauer des Wolframtiegels
 - 2.4.3 Wärmeleitfähigkeit und Wärmestrahlungseigenschaften
 - 2.4.4 Anpassung der Wärmeausdehnung
- 2.5 Chemische Stabilität des Wolframtiegels
 - 2.5.1 Korrosionsbeständigkeit gegen Säuren und Laugen
 - 2.5.2 Trägheit bei hohen Temperaturen und Verschmutzungsschutz
 - 2.5.3 Verträglichkeit mit geschmolzenem Metall und Legierungen
- 2.6 Mechanische Eigenschaften des Wolframtiegels
 - 2.6.1 Beständigkeit gegen Hochtemperaturverformung
 - 2.6.2 Widerstand gegen Rissausbreitung
 - 2.6.3 Gefügestabilität bei zyklischer Erwärmung
 - 2.6.4 Schock- und Vibrationsfestigkeit
- 2.7 Weitere Eigenschaften
 - 2.7.1 Elektrische Eigenschaften bei hohen Temperaturen
 - 2.7.2 Verschleiß- und Abriebfestigkeit

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

- 2.7.3 Strahlungsbeständigkeit (Anwendungen in der Nuklearindustrie)
- 2.8CTIA GROUP LTD Wolframtiegel Sicherheitsdatenblatt

Kapitel 3 Vorbereitungsprozess und Technologie

- 3.1 Aufbereitung der Rohstoffe
 - 3.1.1 Wolframerzraffination und Pulverherstellung
 - 3.1.2 Chemische und physikalische Eigenschaften von Wolframpulver
 - 3.1.3 Kontrolle der Partikelgröße und -morphologie
 - 3.1.4 Qualitätsprüfung der Rohstoffe
- 3.2 Verfahren der Pulvermetallurgie
 - 3.2.1 Wolframpulvermischung und Additive
 - 3.2.2 Kaltpressen und Vorformen
 - 3.2.3 Verdichten und Entbindern von Pulvern
- 3.3 Prozess der Umformung
 - 3.3.1 Isostatisches Pressen
 - 3.3.2 Formpressen und Extrudieren
 - 3.3.3 Drehen und Strecken
 - 3.3.4 Komplexe Formgebung
 - 3.3.5 Konstruktion und Herstellung von Formen
- 3.4 Sinterprozess
 - 3.4.1 Vakuum-Sintern
 - 3.4.2 Sintern von Wasserstoff/Inertgas
 - 3.4.3 Optimierung von Temperatur/Zeit/Atmosphäre
 - 3.4.4 Mehrstufiges und Gradientensintern
 - 3.4.5 Sinterschrumpfung und Größenkontrolle
- 3.5 Bearbeitung und Veredelung
 - 3.5.1 Drehen, Fräsen, Bohren
 - 3.5.2 Erodieren und Laserschneiden
 - 3.5.3 Präzisionsschleifen und Polieren
 - 3.5.4 Oberflächenbeschichtungen
- 3.6 Nachbehandlungstechnik
 - 3.6.1 Wärmebehandlung und Glühen
 - 3.6.2 Oberflächenverfestigung
 - 3.6.3 Reinigung und Dekontamination
 - 3.6.4 Spannungsabbau und Strukturoptimierung
- 3.7 Qualitätskontrolle und -prüfung
 - 3.7.1 Maßliche und geometrische Prüfung
 - 3.7.2 Zerstörungsfreie Prüfung
 - 3.7.3 Chemische und Gefügeanalytik
 - 3.7.4 Leistungstests bei hohen Temperaturen
 - 3.7.5 Zertifizierung und Rückverfolgbarkeit
- 3.8 Fortschrittliche Fertigungstechnologie

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

- 3.8.1 Additive Fertigung (3D-Druck)
- 3.8.2 Laserschmelzen und Plasmaspritzen
- 3.8.3 Mikrofabrikation
- 3.8.4 Intelligente Fertigung & Industrie 4.0

Kapitel 4 Produktionstechnologie und Innovation

- 4.1 Automatisierung und intelligente Produktion
 - 4.1.1 CNC und Robotik
 - 4.1.2 IoT-integrierte Produktionslinien
 - 4.1.3 KI zur Prozessoptimierung
 - 4.1.4 Datengetriebene Fertigung
- 4.2 Energie und Umweltschutz
 - 4.2.1 Effiziente Auslegung des Sinterofens
 - 4.2.2 Abwärmenutzung
 - 4.2.3 Umweltfreundliche Produktionsmethoden
 - 4.2.4 Sauberere Produktionstechnologien
- 4.3 Kreislaufwirtschaft und Ressourcen
 - 4.3.1 Recycling von Wolframschrott
 - 4.3.2 Abfallbehandlung
 - 4.3.3 Nachhaltige Lieferketten
 - 4.3.4 Ökobilanz
- 4.4 Spitzentechnologien
 - 4.4.1 Nano-Wolframpulver
 - 4.4.2 Hochentropie- und Komposittegel
 - 4.4.3 Quantencomputing in Materialien
 - 4.4.4 Bioinspirierte Materialien

5. Kapitel: Anwendungen

- 5.1 Metallurgische Industrie
 - 5.1.1 Verhüttung von Seltenen Erden und Edelmetallen
 - 5.1.2 Superlegierungen
 - 5.1.3 Pulvermetallurgie
- 5.2 Halbleiter & Elektronik
 - 5.2.1 Wachstum von Silizium und Saphirglas
 - 5.2.2 Verbindungshalbleiter
 - 5.2.3 PVD und CVD
 - 5.2.4 Verpackung & Wärmemanagement
- 5.3 Chemische Industrie
 - 5.3.1 Katalysatorsynthese
 - 5.3.2 Korrosive Reaktionsgefäße
 - 5.3.3 Hochreine chemische Raffination
- 5.4 Wissenschaftliche Forschung

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

- 5.4.1 Hochtemperatur-Materialprüfung
- 5.4.2 Simulationen extremer Umgebungen
- 5.4.3 Fortgeschrittene Materialsynthese
- 5.4.4 Synchrotron- und Neutronenexperimente
- 5.5 Luft- und Raumfahrt & Verteidigung
 - 5.5.1 Komponenten von Raketentriebwerken
 - 5.5.2 Hochtemperatur-Strukturprüfung
 - 5.5.3 Militärische Ausrüstung
 - 5.5.4 Thermische Systeme von Satelliten
- 5.6 Energiewirtschaft
 - 5.6.1 Bestandteile von Kernreaktoren
 - 5.6.2 Photovoltaik-Industrie
 - 5.6.3 Herstellung von Brennstoffzellen
 - 5.6.4 Werkstoffe für die Kernfusion
- 5.7 Schwellenländer und branchenübergreifend
 - 5.7.1 Herstellung von Schmuck und Luxusgütern
 - 5.7.2 Medizinische Implantate und Geräte
 - 5.7.3 3D-Druck und Formen
 - 5.7.4 Quantentechnologie und Supraleiter

Kapitel 6 Vor- und Nachteile & Herausforderungen

- 6.1 Vorteile
 - 6.1.1 Hoher Schmelzpunkt und Stabilität
 - 6.1.2 Ausgezeichnete chemische Inertheit
 - 6.1.3 Hohe Zuverlässigkeit und Langlebigkeit
 - 6.1.4 Anpassungsfähigkeit an extreme Umgebungen
- 6.2 Einschränkungen und Herausforderungen
 - 6.2.1 Hohe Kosten
 - 6.2.2 Sprödigkeit und Schwierigkeiten bei der Bearbeitung
 - 6.2.3 Einschränkungen bei der Herstellung großer Größen
 - 6.2.4 Lieferketten- und geopolitische Risiken
- 6.3 Verbesserungen
 - 6.3.1 Kostensenkung & Massenproduktion
 - 6.3.2 Neue Werkstoffe & Verbundwerkstoffe
 - 6.3.3 Verbesserung von Präzision und Effizienz
 - 6.3.4 Intelligente Fertigung

Kapitel 7 Nutzungsrichtlinien

- 7.1 Installation und Betrieb
 - 7.1.1 Inspektion vor der Installation
 - 7.1.2 Betriebssicherheit bei hohen Temperaturen
 - 7.1.3 Thermischer und mechanischer Schutz

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

7.2 Anforderungen an die Umwelt

7.2.1 Atmosphären- und Temperaturregelung

7.2.2 Unverträgliche Materialien vermeiden

7.2.3 Kontamination verhindern

7.3 Wartung

7.3.1 Regelmäßige Inspektion und Reinigung

7.3.2 Überwachung von Oberflächenschäden

7.3.3 Bewertung der Lebensdauer

7.4 Fehlerbehebung

7.4.1 Häufige Probleme

7.4.2 Diagnose und Reparatur

7.4.3 Verfahren zur Notabschaltung

8. Kapitel: Transport und Lagerung

8.1 Anforderungen an die Beförderung

8.2 Lagerbedingungen

8.3 Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung

8.4 Dokumentation und Kennzeichnung

8.5 Abnorme Handhabung

9. Kapitel: Nachhaltigkeit und Recycling

9.1 Lebenszyklusmanagement

9.1.1 Evaluierung von der Produktion bis zur Nutzung

9.1.2 Umweltauswirkungen und Fußabdruck

9.1.3 Nachhaltige Gestaltung und Prozesse

9.2 Recycling und Wiederverwendung

9.2.1 Recycling-Prozess

9.2.2 Technologische Herausforderungen

9.2.3 Qualitätskontrolle von recycelten Produkten

9.3 Einhaltung der Umweltvorschriften

9.3.1 Überblick über die Vorschriften

9.3.2 Normen für die Abfallentsorgung

9.3.3 Zertifizierungen und Audits

9.4 Kreislaufwirtschaft

9.4.1 Ressourcennutzung im geschlossenen Kreislauf

9.4.2 Analyse des wirtschaftlichen Nutzens

9.4.3 Zusammenarbeit in der Industrie

Kapitel 10 Normen und Vorschriften

10.1 Chinesische Normen (GB)

10.1.1 GB/T 3875-2017

10.1.2 GB/T 3459-2022

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

10.1.3 YB/T 5174-2020

10.2 ISO-Normen

10.2.1 ISO 9001:2015

10.2.2 ISO 14001:2015

10.2.3 ISO 15730:2000

10.3 ASTM-Normen

10.3.1 ASTM B760-07 (2019)

10.3.2 ASTM E696-07 (2018)

10.3.3 ASTM E1447-09 (2016)

10.4 Sonstige internationale Normen

10.4.1 JIS H 4701:2015

10.4.2 DIN EN 10204:2004

10.4.3 EN 10276-1:2000

Anhang

A. Glossar der Begriffe

B. Verweise

C. Liste der häufig verwendeten Werkzeuge und Ausrüstungen



Wolframtiegel von CTIA GROUP LTD

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Kapitel 1 Allgemeine Theorie des Wolframtiegels

1.1 Definition und Grundbegriff des Wolframtiegels

Wolframtiegel ist ein hochtemperatur- und korrosionsbeständiger Behälter, der aus hochreinem Wolfram (Reinheit normalerweise $\geq 99,95\%$) als Hauptrohstoff durch Pulvermetallurgie, Sintern, Bearbeitung und andere Prozesse hergestellt wird und in industriellen Bereichen wie Hochtemperaturschmelzen, Kristallwachstum, chemischer Reaktion und Materialprüfung weit verbreitet ist. Die Kerneigenschaften des Wolframtiegels ergeben sich aus dem ultrahohen Schmelzpunkt von Wolfram ($3422\text{ }^{\circ}\text{C}$, dem höchsten unter den Metallen), der hervorragenden chemischen Stabilität und der mechanischen Festigkeit in extremen Umgebungen, was ihn zu einem unverzichtbaren Bestandteil in Hochtemperaturprozessen macht. Zu seinen Hauptfunktionen gehören die Aufnahme und Handhabung von geschmolzenen Metallen, Legierungen, Keramiken oder Chemikalien sowie die Aufrechterhaltung der strukturellen Integrität und der stabilen Leistung bei Temperaturen bis zu $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder in stark korrosiven Umgebungen.

Die typische Struktur eines Wolframtiegels ist zylindrisch oder konisch, die Innenwand wird in der Regel präzisionspoliert, um die Haftung von geschmolzenem Material zu reduzieren, und die Wandstärke und -größe werden je nach Anwendung angepasst. Zum Beispiel haben Wolframtiegel, die für das Wachstum von monokristallinem Silizium in der Halbleiterindustrie verwendet werden, im Allgemeinen einen Durchmesser von 100 bis 300 mm und eine Wandstärke von 5 bis 10 mm, während Tiegel, die in der metallurgischen Industrie zum Schmelzen von Seltenerdmetallen verwendet werden, einen Durchmesser von mehr als 500 mm und eine Wandstärke von 15 bis 20 mm haben können. Die Leistung von Wolframtiegeln wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, darunter Materialreinheit, Korngröße, Oberflächenqualität und Herstellungsprozess. So reduzieren beispielsweise hochreine Wolframtiegel (Reinheit $\geq 99,999\%$) die Verunreinigung bei der Halbleiterkristallbildung erheblich, während Tiegel mit geringerer Reinheit ($99,95\%$) häufiger in kostensensiblen metallurgischen Anwendungen eingesetzt werden.

Die Konstruktion von Wolframtiegeln erfordert eine Kombination aus thermischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften. So müssen Wolframtiegel bei hohen Temperaturen thermischen Belastungen und mechanischen Belastungen standhalten und gleichzeitig chemische Reaktionen mit Schmelzen vermeiden. Im Vakuum oder in inerter Atmosphäre sorgt der niedrige Dampfdruck des Wolframtiegels (nur 10^{-7} Pa bei 3000°C) dafür, dass er sich nicht verflüchtigt und die Umwelt verschmutzt. Darüber hinaus haben Wolframtiegel einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,5 \times 10^{-6}/\text{K}$) und sind gut auf Materialien wie geschmolzenes Silizium oder Saphir abgestimmt, wodurch das Risiko von Rissen durch thermische Belastung verringert wird. In den letzten Jahren haben Fortschritte in der additiven Fertigung und bei der Oberflächenbeschichtung die Fähigkeiten und Anwendungen von Wolframtiegeln weiter erweitert, wie z. B. neue Anwendungen in Kernfusionsreaktoren und in der Luft- und Raumfahrt.

1.2 Historische Entwicklung der Wolframtiegel

Die Herkunft des Wolframtiegels ist eng mit der industriellen Anwendung von Wolframmetall

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

verbunden. Wolfram als seltenes Metall begann Mitte des 19. Jahrhunderts Aufmerksamkeit zu erregen, aber seine frühen Anwendungen waren aufgrund seines hohen Schmelzpunkts und seiner Verarbeitungsschwierigkeiten äußerst begrenzt. In den 1870er Jahren wurde Wolfram in Form von Wolframstahl im Werkzeugbau verwendet, aber Wolframtiegel wurden erst Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelt. Im Jahr 1909 erfand William D. Coolidge von der General Electric Company der Vereinigten Staaten das Präparationsverfahren für duktilen Wolframdraht zur Herstellung hochreiner Wolframprodukte durch Pulvermetallurgie und Hochtemperatur-Sintertechnologie, was einen großen Durchbruch in der Wolframverarbeitungstechnologie darstellte. Diese Technologie legt den Grundstein für die industrielle Produktion von Wolframtiegeln.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden Wolframtiegel vor allem in Hochtemperatur-Laborexperimenten wie der Edelmetallschmelze, der chemischen Analyse und der Vakuumdestillation eingesetzt. In den 1920er Jahren, mit der Weiterentwicklung der Vakuumofentechnologie, wurden Wolframtiegel für die industrielle Verhüttung von seltenen Metallen wie Molybdän, Niob und Tantal verwendet. Während des Zweiten Weltkriegs machten sich Wolframtiegel in der Rüstungsindustrie einen Namen, wo sie zum Schmelzen von Superlegierungen und Spezialstählen sowie zur Herstellung von Flugzeugtriebwerken und Panzermaterialien verwendet wurden.

In den 1950er Jahren förderte die Reife der Pulvermetallurgie-Technologie die großtechnische Produktion von Wolframtiegeln. Durch die Einführung des isostatischen Formpressens und der Vakuumsintertechnologie wurde die Dichte und Festigkeit des Tiegels deutlich erhöht, so dass er höheren Temperaturen und mechanischen Belastungen standhalten kann. In den 1960er Jahren wurde der Aufstieg der Halbleiterindustrie zu einem Wendepunkt in der Entwicklung von Wolframtiegeln. Monokristalline Silizium- und Saphirkristall-Züchtungsprozesse (wie z.B. die Czochralski- und Kyropoulos-Prozesse) stellen extrem hohe Anforderungen an die Reinheit und Oberflächenqualität von Tiegeln, und hochreine Wolframtiegel (Reinheit $\geq 99,99\%$) werden in der Halbleiterindustrie allmählich zum Standard.

Im 21. Jahrhundert hat sich das Anwendungsfeld des Wolframtiegels weiter erweitert. In der Luft- und Raumfahrt werden Wolframtiegel zur Herstellung von Düsen für Raketentriebwerke und Hochtemperatur-Strukturmaterialien verwendet. Die Nuklearindustrie verwendet es für Hochtemperaturkomponenten von Reaktoren und Kernfusionsexperimente; Neue Energiefelder (wie Photovoltaik und Brennstoffzellen) sind auf Wolframtiegel angewiesen, um hochreines Silizium und keramische Materialien herzustellen. Laut Branchenberichten von [Chinatungsten Online](#) stieg die globale Marktgröße für Wolframtiegel von 2000 bis 2020 von etwa 300 Millionen US-Dollar auf 1,2 Milliarden US-Dollar, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von etwa 7,5 %. In den letzten Jahren hat die Einführung der additiven Fertigung (3D-Druck) und intelligenter Fertigungstechnologien die maßgeschneiderte und effiziente Herstellung von Wolframtiegeln weiter vorangetrieben.

1.3 Die strategische Bedeutung des Wolframtiegels in der modernen Industrie

Der Wolframtiegel hat eine unersetzliche strategische Position in der modernen Industrie, und seine

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Bedeutung spiegelt sich in vielen Aspekten der Technologie, Wirtschaft und Geopolitik wider:

Technologie im Mittelpunkt

Wolframtiegel sind der Grundstein für Hochtemperaturprozesse, insbesondere in der Halbleiter-, Luft- und Raumfahrt- und neuen Energiebranche. In der Halbleiterindustrie werden Wolframtiegel für das Wachstum von monokristallinem Silizium und Verbindungshalbleitern (wie GaAs, GaN) verwendet, die sich direkt auf die Qualität und Effizienz der Chipherstellung auswirken. In der Luft- und Raumfahrt werden Wolframtiegel zum Schmelzen von Superlegierungen und Verbundwerkstoffen eingesetzt und unterstützen die Entwicklung fortschrittlicher Triebwerke und Strukturbauteile. Im Bereich der neuen Energie sind Wolframtiegel bei der Herstellung von photovoltaischen Siliziumwafern und der Herstellung von Kernfusionsreaktormaterialien unverzichtbar. Im Rahmen des Projekts International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) werden Wolframtiegel beispielsweise verwendet, um plasmaführende Materialien zu testen und zu Durchbrüchen in der sauberen Energietechnologie beizutragen.

Wirtschaftlicher Wert

Der Markt für Wolframtiegel ist ein wichtiger Teil der globalen Wolframindustriekette. Laut Chinatungsten Online betrug die globale Marktgröße für Wolframtiegel im Jahr 2023 etwa 1,3 Milliarden US-Dollar und wird bis 2030 voraussichtlich 2 Milliarden US-Dollar erreichen, angetrieben durch die steigende Nachfrage nach Halbleitern und erhöhte Investitionen in die Luft- und Raumfahrt. Der hohe Mehrwert des Wolframtiegels macht ihn zum Kernprodukt von Unternehmen für Wolframprodukte.

Geopolitik und Ressourcensicherheit

Wolfram ist ein seltenes Metall mit begrenzten globalen Reserven, und die Sicherheit der Lieferkette wirkt sich direkt auf die Produktion von Wolframtiegeln aus. China verfügt über 57 % der weltweiten Wolframreserven und 80 % der Produktion und ist ein wichtiger Lieferant von Wolframtiegeln. In den letzten Jahren haben die westlichen Länder ihre Bemühungen um die Erschließung und das Recycling von Wolframressourcen verstärkt, um ihre Abhängigkeit von China zu verringern. In der Folge sind die Produktion und Lieferung von Wolframtiegeln in den Fokus geopolitischer Spiele gerückt.

Unterstützung der industriellen Modernisierung und Innovation

Die Forschung und Entwicklung von Wolframtiegeln hat den Fortschritt der Materialwissenschaft, der Fertigungstechnologie und der Intelligenz gefördert. So hat beispielsweise die Entwicklung von Nano-Wolframpulver und ultrafeinkörnigen Wolframtiegeln die Temperaturwechselbeständigkeit und Lebensdauer von Tiegeln verbessert und an die höheren Anforderungen der Halbleiter- und Nuklearindustrie angepasst. Der Einsatz intelligenter Fertigungstechnologien, wie z. B. KI-optimierter Sinterprozesse, hat die Produktionskosten weiter gesenkt und die globale Wettbewerbsfähigkeit verbessert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Wolframtiegel nicht nur eine industrielle Komponente

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

ist, sondern auch die Verkörperung der technischen Stärke und Ressourcenstrategie des Landes, und seine Entwicklungsrichtung ist eng mit der globalen High-Tech-Industrie und der Energiewende verbunden.

1.4 Globale Verteilung der Wolframressourcen und Status des Abbaus

Wolframressourcen liegen hauptsächlich in Form von Wolframit (FeMnWO_4) und Scheelit (CaWO_4) vor, mit weltweit nachgewiesenen Reserven von etwa 3,3 Millionen Tonnen (in Bezug auf Wolframmetall). Die genaue Verteilung ist wie folgt:

China: Reserven von etwa 1,9 Millionen Tonnen, was 57 % der weltweiten Gesamtreserven entspricht, die hauptsächlich in Hunan (Chaling, Zixing), Jiangxi (Dayu, Ganzhou) und Henan (Luanchuan) verteilt sind. Chinas Wolframergehalt ist mit einem durchschnittlichen WO_3 -Gehalt von 0,3 bis 0,5 % hoch.

Russland: Reserven von ca. 250.000 Tonnen, hauptsächlich im Fernen Osten und in Sibirien, die meisten Minen sind kleine und mittelgroße Minen.

Vietnam: Mit Reserven von rund 100.000 Tonnen ist die Nui Phao Mine mit einer Jahresproduktion von rund 6.000 Tonnen die größte Einzelwolframmine der Welt.

Kanada: Reserven von etwa 80.000 Tonnen, konzentriert sich auf British Columbia, wobei die Cantung-Mine das Hauptproduktionsgebiet ist.

Weitere Regionen: Der Wolframabbau in Australien (King Island Mine), Bolivien (Llallagua Mine) und Afrika (z.B. Ruanda, Kongo) nimmt allmählich zu, aber die Reserven und die Produktion sind begrenzt.

Status des Bergbaus

Im Jahr 2023 wird die weltweite Produktion von Wolframkonzentrat (WO_3) rund 85.000 Tonnen betragen, was einem Rückgang von 2 % gegenüber dem Vorjahr entspricht, was vor allem auf strengere Umweltvorschriften und alternde Minen zurückzuführen ist. Chinas Produktion beträgt etwa 68.000 Tonnen, was 80 % der weltweiten Gesamtproduktion entspricht; Vietnam hat etwa 6.000 Tonnen, Russland etwa 4.000 Tonnen. Der Wolframbergbau steht vor folgenden Herausforderungen:

Umweltbelastungen

Der traditionelle Tagebau und der Untertagebau schädigen die Land- und Wasserressourcen erheblich, und die Kosten für die Aufbereitung der Abraumhalden sind hoch. Seit 2015 hat China eine strenge Umweltpolitik umgesetzt und einige hochgradig umweltschädliche Minen geschlossen, was zu einem Rückgang der Produktion führte.

Verschlechterung der Noten

Der Durchschnittsgehalt des weltweit größten Wolframerges ist von 1 % im 20. Jahrhundert auf 0,3 bis 0,5 % gesunken, was die Kosten für die Aufbereitung und Raffination erhöht.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Geopolitische Risiken

Wolframressourcen sind in einer kleinen Anzahl von Ländern konzentriert, und die Lieferkette ist anfällig für politische und handelspolitische Spannungen.

Antwort

Um die Ressourcenknappheit zu lindern, ist das Recycling von Wolframabfällen zu einer wichtigen Ergänzung geworden. Etwa 20 % des weltweiten Wolframangebots stammen aus Recycling, hauptsächlich durch chemische Auflösung oder mechanische Zerkleinerung, um Wolframat aus Wolframtiegeln, Messern und Legierungen zu gewinnen. Darüber hinaus werden Wolframexplorations- und Biolaugungstechnologien in der Tiefsee, wie z. B. der Einsatz von Mikroorganismen zur Zersetzung von Wolframerz, untersucht und könnten in Zukunft neue Quellen liefern.

1.5 Überblick über die Industriekette für Wolframtiegel

Die Industriekette der Wolframtiegel umfasst mehrere Glieder vom Rohstoffabbau bis zur Endanwendung, die Bergbau, Verhüttung, Herstellung, Anwendung und Recycling umfassen und ein geschlossenes Wirtschaftssystem bilden:

Upstream: Wolframabbau und -raffination

Bergbau: Wolframerz wird im Tagebau oder unter Tage gewonnen, und der Aufbereitungsprozess umfasst Schwerkraftabscheidung, Flotation und magnetische Abscheidung zur Herstellung von Wolframkonzentrat (WO_3 -Gehalt 65-70 %).

Raffination: Wolframkonzentrat wird durch Alkalilaugung oder Säurelaugung in Ammoniumwolframat (APT) umgewandelt und anschließend kalziniert und wasserstoffreduziert zu hochreinem Wolframpulver (Reinheit $\geq 99,95$ %).

Midstream: Herstellung von Wolframtiegeln

Prozess: Einschließlich Wolframpulverpressen, Sintern, Bearbeitung und Oberflächenbehandlung ist die Kerntechnologie das isostatische Pressen, Formen und Vakuumsintern.

Produkte: Standard- und kundenspezifische Wolframtiegel für den Bedarf in der Halbleiter-, Metallurgie- und Luft- und Raumfahrtindustrie.

Downstream: Anwendungen & Vertrieb

Anwendungen: Halbleiter (Kristallzüchtung), Metallurgie (Seltenerd- und Edelmetallverhüttung), Luft- und Raumfahrt (Superlegierungen), Neue Energie (Photovoltaik und Kernenergie).

Vertrieb: Durch den Direktvertrieb oder den Agentenvertrieb bieten einige Unternehmen maßgeschneiderte Dienstleistungen an.

Recycling & Recycling

Recyclingprozess: Wolframtiegelabfälle werden durch chemische Auflösung (zur Erzeugung von Natriumwolframat) oder mechanisches Zerkleinern zur Herstellung von Wolframpulver oder Tiegeln recycelt.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Bedeutung: Reduzieren Sie die Ressourcenabhängigkeit, reduzieren Sie die Umweltverschmutzung, und recyceltes Wolfram macht 20-25 % des weltweiten Angebots aus.

Marktgröße und Trends

Laut Chinatungsten Online wird die globale Marktgröße für Wolframtiegel im Jahr 2024 etwa 1,35 Milliarden US-Dollar betragen und bis 2030 voraussichtlich 2 Milliarden US-Dollar erreichen, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von etwa 6,5 %. Zu den Wachstumstreibern gehören:

Halbleiternachfrage: 5G, KI und Elektrofahrzeuge treiben die Nachfrage nach Chips an, und der Markt für monokristallines Silizium und Wolframtiegel für Verbindungshalbleiter wächst rasant.

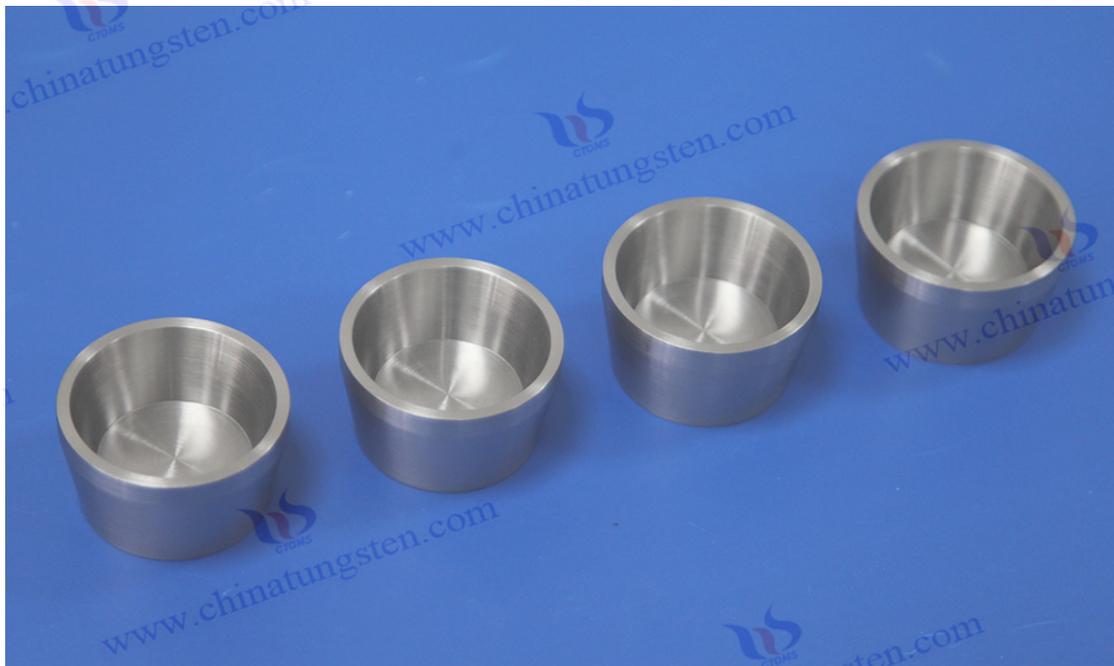
Investitionen in die Luft- und Raumfahrt: Das weltweite Raumfahrtbudget ist gestiegen, und die Nachfrage nach Wolframtiegeln für Superlegierungen ist gestiegen.

Entwicklung neuer Energien: Die Herstellung von Photovoltaik-Siliziumwafern und die Kernfusionsforschung erhöhen die Anwendungen von Wolframtiegeln.

Technologischer Fortschritt: Additive Fertigung und intelligente Produktion senken die Kosten und verbessern die Anpassungsmöglichkeiten.

Herausforderung

Die Industriekette ist Schwankungen der Rohstoffpreise, Umweltbelastungen und geopolitischen Risiken ausgesetzt. So wird beispielsweise der Preis für Wolframkonzentrat im Jahr 2023 um 15 % steigen, was zu einem Anstieg der Kosten für die Herstellung von Tiegeln führt. Unternehmen reagieren auf diese Herausforderungen, indem sie Prozesse optimieren und den Recyclinganteil ausbauen.



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Kapitel 2 Produkteigenschaften des Wolframtiegels

Als Kernkomponente der Hochtemperaturindustrie und der wissenschaftlichen Forschung bestimmen die Produkteigenschaften des Wolframtiegels direkt seine Leistung und Anwendungswirkung in extremen Umgebungen. In diesem Kapitel werden die technischen Eigenschaften und Leistungsvorteile von Wolframtiegeln unter verschiedenen Aspekten wie Geometrie und Maßangaben, Oberflächenqualität, Materialreinheit, thermische Eigenschaften, chemische Stabilität, mechanische Eigenschaften, andere Eigenschaften und Sicherheitsdatenblatt (MSDS) von Wolframtiegeln umfassend analysiert.

2.1 Geometrie und Größenangaben des Wolframtiegels

Die Geometrie- und Größenangaben von Wolframtiegeln sind die Grundlage für deren Konstruktion und Anwendung, die sich direkt auf ihr Volumen, ihre Wärmeleitfähigkeit und ihre strukturelle Stabilität auswirken. Unterschiedliche Anwendungsszenarien, wie z. B. das Züchten von Halbleiterkristallen, das metallurgische Schmelzen oder die Materialprüfung in der Luft- und Raumfahrt, stellen spezifische Anforderungen an die Tiegelgeometrie und -abmessungen. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Beschreibung unter vier Aspekten: Standardgröße, kundenspezifisches Design, Volumen und Tragfähigkeit sowie Formdesign.

2.1.1 Standardabmessungen (Durchmesser, Wandstärke, Höhe)

Die Standardgröße von Wolframtiegeln wird in der Regel gemäß den Industriespezifikationen und Anwendungsanforderungen entwickelt, um der allgemeinen industriellen und wissenschaftlichen Verwendung gerecht zu werden. Die chinesische nationale Norm GB/T 3459-2022 Technical Requirements for Tungsten Tiegel legt den Standardgrößenbereich klar fest. Die spezifischen Größenparameter lauten wie folgt:

Durchmesser: Wolframtiegel haben typischerweise einen Durchmesser von 10 mm bis 500 mm, wobei gängige Spezifikationen zwischen 50 mm und 200 mm liegen. Tiegel mit kleinem Durchmesser (z. B. 10-50 mm) werden hauptsächlich für kleine Laborexperimente oder hochpräzise Kristallzüchtungen verwendet, wie z. B. für die Herstellung von monokristallinem Silizium oder Saphirkristallen; Tiegel mit großem Durchmesser (z. B. 200-500 mm) eignen sich für das metallurgische Schmelzen im industriellen Maßstab oder die Raffination von Seltenerdmetallen.

Wandstärke: Die Wandstärken reichen von 2 mm bis 10 mm, abhängig von der Zweckbestimmung und den Traganforderungen des Tiegels. Dünnwandige Tiegel (2-4 mm) eignen sich für leichte Lasten und schnelle Wärmeübertragungsszenarien, wie z. B. das Czochralski-Kristallwachstum in der Halbleiterindustrie; Dickwandige Tiegel (6-10 mm) werden für den Hochleistungs- und Hochtemperatur-Langzeitbetrieb verwendet, z. B. zum Schmelzen von Superlegierungen. Bei der Konstruktion der Wandstärke müssen die Wärmeleiteffizienz und die mechanische Festigkeit in Einklang gebracht werden, um Verformungen durch zu dünne Dicke zu vermeiden oder die Materialkosten durch zu hohe Dicke zu erhöhen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Höhe: Der Höhenbereich reicht von 20 mm bis 600 mm, was eng mit dem Volumen und der Anwendung des Tiegels zusammenhängt. Tiegel mit geringer Höhe (20-100 mm) eignen sich für flaches Schmelzen oder Dünnschichtabscheiden; Tiegel mit hohen Tiegeln (300-600 mm) werden für großvolumige Schmelz- oder Tiefenreaktionen verwendet, wie z. B. bei der Edelmetallraffination oder bei Hochtemperaturexperimenten in der Nuklearindustrie.

2.1.2 Kundenspezifisches Design und nicht standardmäßige Größe

Mit der Diversifizierung des industriellen und wissenschaftlichen Forschungsbedarfs steigt die Nachfrage nach kundenspezifischem Design von Wolframtiegeln in nicht standardmäßiger Größe. Als Sondertiegel gelten in der Regel spezielle Tiegel mit einem Durchmesser von mehr als 500 mm, einer Wandstärke von weniger als 2 mm oder einer Höhe von mehr als 600 mm, die sich für High-End-Bereiche wie die Luft- und Raumfahrt, die Nuklearindustrie oder die hochmoderne Materialforschung eignen. Beispielsweise können für die Prüfung von Plasmamaterial in Kernfusionsreaktoren Wolframtiegel mit extra großem Durchmesser (>600 mm) erforderlich sein, um komplexe Versuchsaufbauten zu ermöglichen. In der Halbleiterindustrie werden möglicherweise ultradünnwandige (<1,5 mm) Tiegel benötigt, um die Wärmeübertragung zu optimieren und den Materialverbrauch zu reduzieren.

Die Herausforderung des Custom Designs liegt in der Schwierigkeit der Werkzeugentwicklung und -verarbeitung. Übergroße Tiegel erfordern spezielle isostatische Großpressanlagen und Sinteröfen, was die Produktionskosten erhöht. Ultradünnwandige Tiegel erfordern ein hohes Maß an Präzision im Umform- und Sinterprozess, und eine geringfügige Abweichung kann zu Rissbildung oder Verschlechterung der Leistung des Tiegels führen. Darüber hinaus müssen die Maßtoleranzen der nicht standardmäßigen Tiegel auf $\pm 0,1$ mm genau kontrolliert werden, um den Anforderungen hochpräziser Anwendungen gerecht zu werden.

Laut dem Branchenbericht von Chinatungsten Online ist die Marktnachfrage nach kundenspezifischen Wolframtiegeln in den letzten zehn Jahren um etwa 20 % gestiegen, was hauptsächlich auf die Luft- und Raumfahrt- und Halbleiterindustrie zurückzuführen ist. Kundenspezifische Konstruktionen erfordern oft, dass Kunden eng mit dem Hersteller zusammenarbeiten, um die geometrischen Parameter, thermischen Eigenschaften und mechanischen Festigkeitsanforderungen des Tiegels zu definieren und die Spannungsverteilung und das Wärmeausdehnungsverhalten des Tiegels bei hohen Temperaturen durch Finite-Elemente-Analyse (FEA) zu simulieren, um die Machbarkeit des Designs sicherzustellen.

2.1.3 Volumen und Tragfähigkeit

Das Volumen und die Tragfähigkeit des Wolframtiegels sind die Schlüsselindikatoren für seine Funktionalität, die direkt über seine Anwendbarkeit in spezifischen Anwendungen entscheiden. Die Volumina reichen von wenigen Millilitern bis zu mehreren Litern, abhängig vom Innendurchmesser, der Höhe und der Wandstärke des Tiegels. Beispielsweise hat ein zylindrischer Tiegel mit einem Durchmesser von 50 mm und einer Höhe von 50 mm ein Volumen von etwa 98 ml, wodurch er für Laborexperimente in kleinem Maßstab geeignet ist; Mit einem Durchmesser von 300 mm und einer

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Höhe von 400 mm hat der Tiegel ein Volumen von bis zu 28 Litern und eignet sich für die Metallschmelze im industriellen Maßstab.

Die Tragfähigkeit bezieht sich auf das Gewicht des geschmolzenen Materials, das ein Tiegel bei hohen Temperaturen sicher tragen kann, und wird in der Regel durch Materialdichte, Wandstärke und Geometrie bestimmt. Wolfram hat eine Dichte von $19,25 \text{ g/cm}^3$, was dem Tiegel seine extrem hohe strukturelle Festigkeit verleiht. Wolframtiegel mit Standardwandstärken (4-6 mm) können Tausende von Gramm geschmolzener Metalle wie Aluminium, Kupfer oder Seltenerdmetalle transportieren; Dickwandige Tiegel (8-10 mm) können sogar Tonnen geschmolzenes Gold transportieren und eignen sich für die Herstellung von Superlegierungen.

Bei der Auslegung von Volumen und Tragfähigkeit sollten folgende Faktoren berücksichtigt werden:
Wärmeleiteffizienz: Ein übermäßiges Volumen kann zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung führen, die die Gleichmäßigkeit der Schmelze beeinträchtigt.

Strukturelle Stabilität: Zu hohe Anforderungen an die Tragfähigkeit können zu einer Erhöhung der Wandstärke führen, was wiederum die thermische Trägheit und die Materialkosten erhöht.

Anpassung der Wärmeausdehnung: Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Tiegels und der Schmelze muss aufeinander abgestimmt werden, um Rissbildung aufgrund thermischer Belastung zu vermeiden.

2.1.4 Formausführung (zylindrisch, konisch, Sonderform)

Das Formdesign des Wolframtiegels hat einen wichtigen Einfluss auf seine Funktionalität und Anwendungsszenarien. Zu den gängigen Formen gehören zylindrische, konische und profilierte Tiegel, die jeweils für spezifische Einsatzanforderungen optimiert sind.

Zylindrischer Tiegel: Dies ist die gebräuchlichste Form mit gleichmäßiger Wandstärke und einheitlichem Innendurchmesser und eignet sich daher für Szenarien, die ein stabiles thermisches Feld und eine gleichmäßige Erwärmung erfordern, wie z. B. das Wachstum von monokristallinem Silizium (Czochralski-Methode) oder das Schmelzen von Edelmetallen. Die Vorteile von zylindrischen Tiegeln liegen darin, dass der Herstellungsprozess relativ einfach ist, die thermische Spannungsverteilung gleichmäßig ist und er für eine standardisierte Produktion geeignet ist. Der Nachteil ist, dass es möglicherweise nicht bequem ist, die Schmelze zu gießen, und sie ist weniger anpassungsfähig an komplexe Versuchsaufbauten.

Konischer Tiegel: Der untere Durchmesser des konischen Tiegels ist kleiner als der obere, was das Gießen und Sammeln von geschmolzenem Material erleichtert und häufig bei der Raffination von Seltenerdmetallen oder Edelmetallen in der metallurgischen Industrie verwendet wird. Die konische Bauweise reduziert Schmelzerückstände an der Tiegelwand und verbessert die Materialausnutzung. Die thermische Feldverteilung eines konischen Tiegels ist jedoch nicht so gleichmäßig wie die eines zylindrischen Tiegels und kann ein zusätzliches Heizsystem erfordern, um dies auszugleichen.

Konforme Tiegel: Konforme Tiegel umfassen ovale, polygonale oder andere nicht standardmäßige

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Formen und werden oft für bestimmte Experimente oder industrielle Anwendungen angepasst. Beispielsweise kann für die Prüfung von Raketentriebwerksdüsen in der Luft- und Raumfahrt ein elliptischer Tiegel erforderlich sein, um ein Prüfstück mit komplexen Geometrien aufzunehmen. Plasmaexperimente in der Nuklearindustrie können polygonale Tiegel erfordern, um der Form der Reaktionsvorrichtung zu entsprechen. Speziell geformte Tiegel sind schwierig herzustellen und erfordern fortschrittliche Formtechniken (wie Spinnen oder 3D-Druck) und präzises Formdesign.

Bei der Formkonstruktion werden die Wärmeausdehnung, die Spannungsverteilung und die Herstellungskosten berücksichtigt. Zum Beispiel ist die Wärmeausdehnung von zylindrischen Tiegeln relativ gleichmäßig, was für Hochtemperaturzyklen geeignet ist; Der konische Tiegel kann während des Gießprozesses lokale Spannungskonzentrationen erzeugen, und die strukturelle Stabilität muss durch eine Wanddickenoptimierung verbessert werden. Die Spannungsverteilung von speziell geformten Tiegeln ist komplex, und der Designnachweis erfolgt in der Regel durch Finite-Elemente-Analyse.

2.2 Oberflächenqualität des Wolframtiegels

Die Oberflächenqualität ist ein wichtiger Indikator für die Leistung des Wolframtiegels, der sich direkt auf die Korrosionsbeständigkeit, die Schmelzhaftung und die Lebensdauer auswirkt. Die Oberfläche von Wolframtiegeln muss in der Regel poliert, geschliffen oder beschichtet werden, um den hohen Anforderungen der verschiedenen Anwendungsszenarien gerecht zu werden. Das Folgende wird unter vier Aspekten ausführlich behandelt: Polieren und Bearbeiten, Oberflächenrauhheitsstandards, Fehlererkennung und -kontrolle sowie Oberflächenbeschichtung und -modifikation.

2.2.1 Polieren, Schleifen und Bearbeiten von Oberflächen

Der Oberflächenbehandlungsprozess des Wolframtiegels umfasst Drehen, Fräsen, Schleifen und Polieren, die jeweils auf unterschiedliche Anforderungen an die Oberflächenqualität abzielen. Drehen und Fräsen werden für die Vorformung verwendet, wobei die raue Schicht auf der Oberfläche des grünen Körpers entfernt wird. Durch das Schleifen wird die Oberflächenebenheit weiter verbessert und mikroskopisch kleine Defekte reduziert. Durch das Polieren wird ein Spiegeleffekt erzielt, der die Oberflächenrauhheit deutlich reduziert.

Drehen und Fräsen: Die Bearbeitungsgenauigkeit bis $\pm 0,05$ mm übernimmt ein CNC-gesteuertes CNC-gesteuertes Bearbeitungszentrum. Das Drehen eignet sich für die Außenwandbearbeitung von zylindrischen Tiegeln, während das Fräsen für die Umformung der Innenwand oder des Bodens komplexer Formen verwendet wird. Hartmetallwerkzeuge werden im Bearbeitungsprozess verwendet, um die hohe Härte von Wolfram (8-9 auf der Mohs-Skala) zu bewältigen.

Schleifen: Beim Schleifen kommen Diamantschleifscheiben oder Keramikscheiben zum Einsatz, die die Oberflächenrauhheit auf Ra 0,8-1,6 μ m reduzieren können. Der Schleifprozess erfordert eine strenge Kontrolle des Kühlmittelverbrauchs, um Mikrorisse durch thermische Belastung zu vermeiden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Polieren: Das Polieren wird in mechanisches Polieren und chemisches Polieren unterteilt. Beim mechanischen Polieren werden Poliermittel auf Nanoebene verwendet, die einen Spiegeleffekt von $Ra < 0,4 \mu m$ erzielen können; Durch chemisches Polieren wird die Glätte weiter verbessert, indem die Oberfläche mit einer sauren Lösung, wie z. B. einer Mischung aus Salpetersäure und Flusssäure, geätzt wird. Die polierte Oberfläche reduziert die Haftung von Schmelzen wie Silikon oder Aluminium erheblich und verlängert die Lebensdauer des Tiegels.

Die Wahl des Polier- und Schleifverfahrens hängt von der Anwendung ab. Die Halbleiterindustrie benötigt das Hochglanzpolieren, um die Reinheit des Kristallwachstums zu gewährleisten. In der metallurgischen Industrie ist es möglicherweise nur notwendig, Oberflächen zu schleifen, um die Kosten zu kontrollieren. Laut dem technischen Handbuch von Chinatungsten Online ist die Lebensdauer von polierten Wolframtiegeln im Durchschnitt 15 % bis 20 % länger als die von unpolierten Tiegeln.

2.2.2 Surface roughness standards (Ra, Rz)

Die Oberflächenrauheit ist das Kernmaß für die Oberflächengüte von Wolframtiegeln, die in der Regel in Ra (arithmetische mittlere Rauheit) und Rz (maximale Höhe) ausgedrückt wird. Ra spiegelt den Durchschnitt der mikroskopischen Fluktuationen der Oberfläche wider, und Rz steht für den Abstand zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt der Oberfläche. Die Industrienorm stellt folgende Anforderungen an die Oberflächenrauheit für unterschiedliche Anwendungsszenarien:

Halbleiterindustrie: $Ra < 0,4 \mu m$, $Rz < 2,0 \mu m$, um sicherzustellen, dass während des Kristallwachstums keine Verunreinigungen eingetragen werden. Das Hochglanzpolieren ist ein notwendiger Prozess, der mit einem Laserinterferometer zur Oberflächeninspektion verwendet werden muss.

Metallurgische Industrie: $Ra 0,8-1,6 \mu m$, $Rz 4,0-8,0 \mu m$, Schleifen oder mittleres Polieren können die Nachfrage erfüllen, die Kosten sind relativ niedrig.

Luft- und Raumfahrt & Nuklearindustrie: $Ra 0,4-0,8 \mu m$, $Rz 2,0-4,0 \mu m$, Gleichgewicht zwischen Oberflächenqualität und mechanischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen.

Die Messung der Oberflächenrauheit erfolgt in der Regel mit einem Kontaktprofilmessgerät oder einem berührungslosen Lasermikroskop, um eine Messgenauigkeit von $\pm 0,01 \mu m$ zu gewährleisten. Eine übermäßige Oberflächenrauheit kann zu Schmelzhaftung oder lokalen Spannungskonzentrationen führen, wodurch die Lebensdauer des Tiegels verkürzt wird. Eine zu geringe Rauheit kann die Verarbeitungskosten erhöhen und muss je nach Anwendungsszenario optimiert werden.

2.2.3 Erkennung und Kontrolle von Oberflächenfehlern

Oberflächenfehler (z. B. Risse, Porosität, Einschlüsse) haben einen erheblichen Einfluss auf die Hochtemperaturleistung und Lebensdauer von Wolframtiegeln. Zu den gängigen Methoden zur

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Fehlererkennung gehören:

Ultraschallprüfung: Detektion von Innen- und Oberflächenfehlern durch Ultraschallreflexion bei dickwandigen Tiegeln. Die Nachweisempfindlichkeit kann 0,1 mm erreichen.

Röntgeninspektion: wird zur Erkennung von Porosität und Einschlüssen im Inneren von Tiegeln verwendet, insbesondere bei großen Tiegeln. Die Röntgen-Computertomographie (CT) liefert eine dreidimensionale Karte der Defektverteilung.

Visuelle Oberflächeninspektion: In Kombination mit der optischen Mikroskopie oder Rasterelektronenmikroskopie (REM) erkennt sie Mikrorisse und Rauheitsanomalien auf der Oberfläche.

Der Schlüssel zur Fehlerkontrolle liegt in der Optimierung des Vorbereitungsprozesses. Zum Beispiel reduziert die Atmosphärenkontrolle während des Sinterprozesses die Porosität; Durch das Kühlmittelmanagement und die Werkzeugauswahl in der Zerspanung werden Oberflächenrisse vermieden. Laut dem Prüfbericht der CTIA GROUP LTD kann die Durchlaufquote des Wolframtiegels durch eine strenge Fehlerkontrolle auf mehr als 98% gesteigert werden.

2.2.4 Oberflächenbeschichtung und -modifikation

Um die Oxidations- und Abriebfestigkeit von Wolframtiegeln weiter zu verbessern, kann eine Beschichtung auf die Oberfläche aufgebracht oder modifiziert werden. Zu den gängigen Oberflächenbehandlungstechniken gehören:

Antioxidationsbeschichtungen: wie Aluminiumoxid- (Al_2O_3), Silizid- (SiC) oder Zirkonoxid- (ZrO_2) Beschichtungen, die durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) oder Plasmaspritzen aufgebracht werden. Diese Beschichtungen bilden bei hohen Temperaturen eine Schutzschicht, die verhindert, dass Wolfram mit Sauerstoff reagiert, und verlängern so die Lebensdauer des Tiegels in einer oxidierenden Atmosphäre.

Abriebfeste Beschichtungen, wie z. B. Wolframkarbid (www.tungsten-carbide-powder.com) oder Titanitrid (TiN)-Beschichtungen, werden durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) aufgebracht, um die Oberflächenhärte und Verschleißfestigkeit zu verbessern und damit für den Langzeitbetrieb bei hohen Temperaturen geeignet zu sein [27].

Oberflächenmodifikation: Die Ionenimplantation (z. B. Stickstoff- oder Kohlenstoffimplantation) kann die Oberflächenkristallstruktur verändern, die Härte und Korrosionsbeständigkeit verbessern; Nitrier- oder Aufkohlungsbehandlungen können die Temperaturwechselbeständigkeit der Oberfläche verbessern.

Der Beschichtungs- und Modifikationsprozess muss entsprechend der tatsächlichen Umgebung ausgewählt werden, in der der Tiegel verwendet wird. So verzichtet die Halbleiterindustrie generell auf den Einsatz von Beschichtungen, um eine Kontamination zu verhindern; Die Luft- und

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Raumfahrtindustrie neigt dazu, Antioxidationsbeschichtungen zu verwenden, um mit komplexen Atmosphären fertig zu werden.

2.3 Reinheit des Wolframtiegelmaterials

Die Reinheit des Materials ist der Kern der Leistung des Wolframtiegels, was sich direkt auf seine hohe Temperaturstabilität, seine Antifouling-Fähigkeit und seine mechanische Festigkeit auswirkt. Wolframtiegel werden in der Regel mit hochreinem Wolfram (www.tungsten.com.cn) hergestellt, und die Reinheitsanforderungen liegen bei $\geq 99,95\%$. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse unter drei Aspekten: die Eigenschaften von hochreinem Wolfram, die Analyse von Verunreinigungselementen und den Einfluss der Reinheit auf die Leistung bei hohen Temperaturen.

2.3.1 Hochreines Wolfram

Als hochreines Wolfram werden metallische Werkstoffe mit einem Wolframgehalt von $\geq 99,95\%$ bezeichnet, die durch mehrstufige Reinigungsverfahren wie Ammoniumparawolframat (www.ammonium-paratungstate.com)-Kalzinierung und Wasserstoffreduktion) hergestellt werden. Hochreines Wolfram hat die folgenden Schlüsseleigenschaften:

Ultrahoher Schmelzpunkt: $3410\text{ }^{\circ}\text{C}$, das höchste aller Metalle, geeignet für Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen.

Hohe Dichte: $19,25\text{ g/cm}^3$, was dem Tiegel eine hervorragende mechanische Festigkeit und Verformungsbeständigkeit verleiht.

Niedriger Dampfdruck: nahezu unflüchtig unter $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$, reduziert den Materialverlust bei hohen Temperaturen.

Ausgezeichnete chemische Stabilität: inert gegenüber den meisten Chemikalien in einer inerten Atmosphäre, geeignet für die Herstellung von hochreinen Materialien.

Die Herstellung von hochreinem Wolfram erfordert eine strenge Kontrolle der Rohstoffqualität und der Produktionsumgebung. Laut dem technischen Bericht von Chinatungsten Online machen die Produktionskosten für hochreines Wolframpulver etwa 30% bis 40% der Gesamtkosten für Wolframtiegel aus, was der Schlüsselfaktor ist, der den Preis von Wolframtiegel beeinflusst.

2.3.2 Analyse von Verunreinigungselementen

Zu den Verunreinigungselementen in Wolframtiegeln gehören Kohlenstoff, Sauerstoff, Eisen, Molybdän, Stickstoff usw. und werden normalerweise in Teilen pro Million (ppm) gemessen. Für den Nachweis des Störstoffgehalts werden hauptsächlich folgende Methoden eingesetzt:

Röntgenfluoreszenzspektrometer (RFA): wird für den schnellen Nachweis der wichtigsten Verunreinigungselemente mit einer Genauigkeit von $\pm 1\text{ ppm}$ verwendet.

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS): für die Spurenelementanalyse mit Nachweisgrenzen von nur $0,01\text{ ppm}$.

Rasterelektronenmikroskopie (REM) in Kombination mit Energiespektroskopie (EDS): wird verwendet, um Verunreinigungsverteilungen zu lokalisieren und die Elementanreicherung an

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Korngrenzen zu analysieren.

Gemäß ASTM E1447-09 müssen Wolframtiegel Verunreinigungen in den folgenden Bereichen enthalten:

Kohlenstoff	<50 Seiten/Min.
Sauerstoff	<100 Seiten/Min.
Eisen	<20 Seiten/Min.
Molybdän	<50 Seiten/Min.
Stickstoff	<10 Seiten/Min.

Zu hohe Verunreinigungswerte können zu einer Schwächung der Korngrenzen, einer Verschlechterung der Temperaturwechselleistung oder flüchtigen Verunreinigungen bei hohen Temperaturen führen.

2.3.3 Einfluss der Reinheit auf die Leistung bei hohen Temperaturen

Die Reinheit des Materials hat folgende spezifische Auswirkungen auf das Hochtemperaturverhalten des Wolframtiegels:

Hohe Temperaturstabilität: Die Korngrenzen von hochreinem Wolfram sind sauberer, wodurch die Möglichkeit von Korngrenzenschlupf und Kriechen bei hohen Temperaturen verringert wird. Wolframtiegel mit einer Reinheit von $\geq 99,99\%$ können stabil über 3000 °C arbeiten, während Tiegel mit einer Reinheit von $99,9\%$ bei 2800 °C mikroskopisch verformt werden können.

Temperaturwechselbeständigkeit: Verunreinigungen wie Sauerstoff oder Kohlenstoff können an den Korngrenzen spröde Phasen bilden, was zu Thermoschockrisen führt. Je höher die Reinheit, desto stärker ist die Temperaturwechselbeständigkeit, die sich für Szenarien mit schnellem Temperaturanstieg und -abfall eignet.

Beständigkeit gegen Verunreinigungen: Verunreinigungen in Wolfram mit geringer Reinheit (wie Eisen oder Molybdän) können sich bei hohen Temperaturen verflüchtigen, die Schmelze verunreinigen und das Kristallwachstum oder die Reinheit der Legierung beeinträchtigen. Hochreine Wolframtiegel minimieren das Risiko einer Kontamination.

2.4 Thermische Eigenschaften des Wolframtiegels

Die thermischen Eigenschaften des Wolframtiegels sind seine Hauptvorteile in Hochtemperaturumgebungen, die seine Leistung in Bezug auf Wärmeleitung, thermische Stabilität und Wärmeausdehnungsanpassung bestimmen. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse unter vier Aspekten: hohe Temperaturstabilität, Temperaturwechselbeständigkeit, Wärmeleit- und Wärmestrahlungseigenschaften sowie Anpassung der Wärmeausdehnung.

2.4.1 Hohe Temperaturstabilität des Wolframtiegels

Die hohe Temperaturstabilität von Wolframtiegeln ist auf den ultrahohen Schmelzpunkt (3410 °C)

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

und den niedrigen Dampfdruck von Wolfram zurückzuführen. Unterhalb von 3000 °C weisen Wolframtiegel wenig bis gar keine Verflüchtigung oder Verformung auf, wodurch sie für Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen geeignet sind, wie z. B. bei der Prüfung von Plasmamaterial in Kernfusionsreaktoren oder beim Schmelzen von Superlegierungen.

Der Schlüssel zur Hochtemperaturstabilität liegt in der Optimierung der Mikrostruktur des Materials. Wolframtiegel mit feiner Kornstruktur (Korngröße < 10 µm) kann den Korngrenzschlupf verringern und die Kriechfestigkeit verbessern. Die hohe Dichte (>98% theoretische Dichte) kann die durch Spaltöffnungen verursachte lokale Spannungskonzentration reduzieren.

2.4.2 Temperaturwechselbeständigkeit und thermische Ermüdungslebensdauer des Wolframtiegels

Die Temperaturwechselbeständigkeit bezieht sich auf die Fähigkeit eines Wolframtiegels, bei schnellen Temperaturänderungen Rissen zu widerstehen. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient ($4,5 \times 10^{-6}/K$) und die hohe Wärmeleitfähigkeit (174 W/(m·K)) verleihen Wolfram eine hervorragende Temperaturwechselbeständigkeit, aber seine Sprödigkeit bei Raumtemperatur kann zur Ausbreitung von Rissen führen.

Die Temperaturwechselbeständigkeit wird in der Regel durch Wasserabschreckung oder Laserpulsheizung getestet. So wird beispielsweise ein Wolframtiegel schnell von 2000 °C auf Raumtemperatur abgekühlt, um die Rissbildung zu beobachten. Feinkörnige und hochreine Wolframtiegel können Temperaturunterschieden von >1000 °C/s standhalten, ohne zu reißen, während die Grenze gewöhnlicher Tiegel bei etwa 500 °C/s liegt.

Die thermische Ermüdungslebensdauer bezieht sich auf die strukturelle Stabilität eines Tiegels nach mehreren thermischen Zyklen. Thermische Ermüdungsrissen entstehen typischerweise durch Oberflächenfehler oder Schwächung der Korngrenzen. Durch Oberflächenpolitur und Kornfeinung kann die Lebensdauer der thermischen Ermüdung um mehr als 50 % verlängert werden.

2.4.3 Wärmeleitfähigkeit und Wärmestrahlungseigenschaften des Wolframtiegels

Wolfram hat eine Wärmeleitfähigkeit von 174 W/(m·K) und behält eine hohe Wärmeleitfähigkeit bei hohen Temperaturen bei, wodurch es sich für Szenarien eignet, die eine schnelle thermische Reaktion erfordern, wie z. B. das Wachstum von monokristallinem Silizium oder die Abscheidung dünner Schichten. Die Wärmeleitfähigkeit nimmt mit steigender Temperatur leicht ab und liegt bei ca. 120 W/(m·K) bei 2000°C.

Die Eigenschaften der Wärmestrahlung werden durch den Emissionsgrad der Oberfläche bestimmt. Der Oberflächenemissionsgrad des unpolierten Wolframtiegels beträgt 0,3-0,4, der nach dem Polieren auf 0,1-0,2 reduziert werden kann, wodurch der Verlust der Wärmestrahlung verringert wird. Bei hohen Temperaturen (> 2000 °C) wird die Wärmestrahlung zum Hauptweg für Wärmeverluste, und der thermische Wirkungsgrad muss durch das Design von Tiegeln, wie z. B. das Hinzufügen von reflektierenden Beschichtungen, optimiert werden.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

2.4.4 Anpassung der Wärmeausdehnung des Wolframtiegels

Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Wolfram beträgt $4,5 \times 10^{-6}/K$, was viel niedriger ist als der der meisten Schmelzen (z. B. Silizium: $2,6 \times 10^{-5}/K$; Aluminium: $2,3 \times 10^{-5}/K$). Eine Diskrepanz in der Wärmeausdehnung kann zu thermischen Spannungen an der Grenzfläche zwischen Tiegel und Schmelze führen, was zu Rissen oder Abblättern führt.

Um die Anpassung der Wärmeausdehnung zu verbessern, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

Geometrische Optimierung: Die Finite-Elemente-Analyse wird verwendet, um die Wandstärke des Tiegels und die Bodenkrümmung so zu gestalten, dass die thermischen Spannungen verteilt werden.

Pufferschicht: Eine Pufferschicht aus Graphit oder Zirkonoxid wird auf die Innenwand des Tiegels aufgebracht, um den Unterschied in der Wärmeausdehnung zu mildern.

Vorwärmprozess: Langsames Vorwärmen des Tiegels und der Schmelze vor dem Aufheizen, um die durch Temperaturunterschiede verursachte Belastung zu reduzieren.

2.5 Chemische Stabilität des Wolframtiegels

Die chemische Stabilität von Wolframtiegeln ist ein wichtiger Vorteil in korrosiven Umgebungen und Hochtemperaturreaktionen und bestimmt seine Verträglichkeit mit Schmelzen, Chemikalien und Atmosphären. Folgendes wird unter drei Aspekten ausführlich diskutiert: Beständigkeit gegen Säure- und Alkalikorrosion, Inertheit bei hohen Temperaturen und Schadstoffschutz sowie Verträglichkeit mit geschmolzenen Metallen und Legierungen.

2.5.1 Säure- und Alkalikorrosionsbeständigkeit des Wolframtiegels

Wolfram hat eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegen die meisten Säuren und Basen, insbesondere in normalen und neutralen oder schwach sauren Umgebungen. Die spezifische Korrosionsbeständigkeit ist wie folgt:

Saures Milieu: Wolframtiegel sind beständig gegen Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure, lösen sich aber langsam in stark oxidierenden Säuren wie konzentrierter Salpetersäure oder Königswasser. Experimente zeigen, dass die Korrosionsrate von Wolframtiegel mit einer Reinheit von 99,95 % in 10 %iger Schwefelsäurelösung (25 °C) $< 0,01\text{ mm/Jahr}$ beträgt.

Alkalische Umgebung: Wolfram ist in stark alkalischen Lösungen (wie Natriumhydroxid) relativ stabil, aber in alkalischen Schmelzen bei hohen Temperaturen ($>500\text{ °C}$) kann es zu einer Oxidationsreaktion kommen, und direkter Kontakt sollte vermieden werden.

Neutrale Umgebung: Wolframtiegel weist in neutralen Lösungen (wie Wasser oder Salzlösung) nahezu keine Korrosion auf, was für die hochreine chemische Raffination in der chemischen Industrie geeignet ist.

Die Korrosionsbeständigkeit durch Säuren und Laugen wird in der Regel durch Tauch- oder elektrochemische Korrosion getestet, um sicherzustellen, dass es auf der Oberfläche des Tiegels zu

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

keinem signifikanten Massenverlust oder morphologischen Veränderungen kommt.

2.5.2 Wolframtiegel mit hoher Temperatur, Inertheit und Verschmutzungsschutz

Wolframtiegel sind in inerten Atmosphären (z.B. Argon, Helium) oder Vakuum chemisch extrem inert, was eine Kontamination effektiv verhindern kann und sich für die Herstellung von hochreinen Materialien wie monokristallinem Silizium, Saphir oder Verbindungshalbleitern (GaAs, GaN) eignet.

Der Schlüssel zur Inertheit bei hohen Temperaturen liegt im niedrigen Dampfdruck und der stabilen Kristallstruktur von Wolfram. Unterhalb von 3000 °C ist Wolfram nahezu nichtflüchtig, wodurch die Kontamination der Schmelze durch das Tiegelmaterial reduziert wird. Im Gegensatz dazu können sich Verunreinigungen in niedrigreinen Tiegeln wie Eisen oder Kohlenstoff bei hohen Temperaturen verflüchtigen, was zu Kristalldefekten oder Abweichungen in der Legierungszusammensetzung führt.

Die Prüfung der Beständigkeit gegen Verschmutzung erfolgt in der Regel durch Erhitzen des Tiegels in einer Vakuumumgebung, um die chemische Zusammensetzung der flüchtigen Bestandteile zu analysieren.

2.5.3 Verträglichkeit des Wolframtiegels mit geschmolzenem Metall und Legierungen

Wolframtiegel haben eine gute Verträglichkeit mit den meisten geschmolzenen Metallen und Legierungen, können aber mit bestimmten reaktiven Metallen reagieren. Die spezifische Verträglichkeitsanalyse sieht wie folgt aus:

Inerte Metalle: Wolframtiegel sind sehr gut kompatibel mit geschmolzenem Aluminium, Kupfer, Gold, Silber und anderen inerten Metallen, ohne offensichtliche chemische Reaktion oder Auflösung, und eignen sich für die Edelmetallraffination.

Aktive Metalle: Wolfram kann an der Grenzfläche mit geschmolzenem Titan, Zirkonium, Hafnium und anderen aktiven Metallen zu spröden Verbindungen (wie Titan-Wolfram) reagieren. Um Reaktionen zu vermeiden, kann eine Schutzschicht aus Graphit oder Zirkonoxid auf die Innenwand des Tiegels aufgebracht werden.

Legierung: Wolframtiegel kann zum Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen (wie Nickelbasislegierungen und Kobaltbasislegierungen) verwendet werden, aber die Schmelzzeit und die Atmosphäre müssen kontrolliert werden, um eine Spurenauflösung durch langfristigen Kontakt zu vermeiden.

Bei der Kompatibilitätsprüfung werden in der Regel Hochtemperatur-Schmelzexperimente in Kombination mit Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgenbeugung (XRD) verwendet, um Grenzflächenreaktionsprodukte zu analysieren.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

2.6 Mechanische Eigenschaften des Wolframtiegels

Die mechanischen Eigenschaften des Wolframtiegels bestimmen seine strukturelle Integrität und Lebensdauer in Umgebungen mit hohen Temperaturen und komplexer Beanspruchung. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse unter vier Aspekten: Hochtemperaturverformungsbeständigkeit, Rissausbreitungsbeständigkeit, Gefügestabilität bei zirkulierender Erwärmung sowie Schock- und Vibrationsfestigkeit.

2.6.1 Hochtemperaturverformungsbeständigkeit des Wolframtiegels

Wolfram behält eine hohe Festigkeit und Steifigkeit bei hohen Temperaturen bei, und seine Verformungsbeständigkeit ist der anderer feuerfester Materialien wie Graphit oder Aluminiumoxid überlegen. Bei 2000 °C kann die Streckgrenze von Wolfram noch 100-150 MPa erreichen, was viel höher ist als die von Graphit (ca. 20 MPa).

Der Schlüssel zur Verformungsbeständigkeit bei hohen Temperaturen liegt in der Korngröße und -dichte. Wolframtiegel mit feinen Körnern (<10 µm) und hoher Dichte (>98 %) wirken gegen Kriechen und plastische Verformung. Die Testdaten von Chinatungsten Online zeigen, dass die Verformungsrate des Wolframtiegels durch Optimierung des Sinterprozesses unter 0,1 % bei 2500 °C kontrolliert werden kann.

2.6.2 Rissausbreitungswiderstand des Wolframtiegels

Die Sprödigkeit von Wolfram macht es anfällig für die Ausbreitung von Rissen bei Raumtemperatur, aber es zeigt eine gewisse Zähigkeit bei hohen Temperaturen (>1000 °C). Die Rissausbreitungsbeständigkeit kann verbessert werden durch:

Kornverfeinerung: Durch die feine Kornstruktur kann die Rissenergie verteilt und die Risswachstumsrate verringert werden.

Oberflächenverstärkung: z.B. Nitrieren oder Ionenimplantation zur Verbesserung der Oberflächenhärte und Rissbeständigkeit.

Fehlerkontrolle: Entfernung von Porosität und Einschlüssen durch zerstörungsfreie Prüfung (z. B. Ultraschall oder Röntgen), um die Rissentstehung zu reduzieren.

Bei der Rissausbreitungsprüfung wird in der Regel eine Dreipunkt-Biege- oder Bruchzähigkeitsprüfung durchgeführt.

2.6.3 Strukturelle Stabilität des Wolframtiegels unter Zirkulationsheizung

Zirkulierende Erwärmung kann zu thermischen Ermüdungsrissen und mikrostruktureller Degradation führen, die die strukturelle Stabilität des Tiegels beeinträchtigen. Zu den Einflussfaktoren gehören:

Thermische Spannung: Thermische Spannungen, die durch schnelles Hochfahren und Abfallen der Temperatur verursacht werden, können zu Rissen führen.

Schwächung der Korngrenzen: Ein längerer Betrieb bei hohen Temperaturen kann zu einem Rutschen der Korngrenze oder einer Anreicherung von Verunreinigungen führen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Oberflächenschäden: Oberflächenoxidation oder Schmelzerosion können den strukturellen Abbau beschleunigen.

Die Gefügestabilität kann durch die Optimierung des Sinterprozesses (z. B. mehrstufiges Sintern) und der Oberflächenbehandlungen (z. B. Antioxidationsbeschichtungen) deutlich verbessert werden.

2.6.4 Schock- und Vibrationsfestigkeit des Wolframtiegels

Der Wolframtiegel weist eine geringe Beständigkeit gegen Stöße und Vibrationen auf, insbesondere bei Raumtemperatur, und ist anfällig für Risse aufgrund mechanischer Stöße oder Vibrationen. Bei hohen Temperaturen ($>1000^{\circ}\text{C}$) wird die Zähigkeit von Wolfram leicht verbessert, starke Stöße müssen jedoch immer noch vermieden werden.

Die Schlagfestigkeit wird in der Regel mit einem Fallgewichtstest oder einem Shaker-Test getestet. In der Praxis sind stoßdämpfende Halterungen und Schutzverpackungen erforderlich, um das Risiko von Stößen während des Transports und des Betriebs zu verringern.

2.7 Weitere Eigenschaften des Wolframtiegels

Wolframtiegel weisen neben thermischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften auch einige besondere Eigenschaften auf, die sich für spezifische Anwendungsszenarien eignen. Folgendes wird unter drei Aspekten analysiert: elektrische Eigenschaften bei hohen Temperaturen, Verschleiß- und Abriebfestigkeit sowie Anti-Strahlungseigenschaften.

2.7.1 Elektrische Hochtemperatureigenschaften des Wolframtiegels

Wolfram hat einen stabilen spezifischen Widerstand bei hohen Temperaturen und eignet sich daher als elektrisches Heizelement oder als Hochtemperaturelektrode (<http://tungsten.com.cn/chinese/tungsten-electrodes.html>). Bei 2000°C beträgt der spezifische Widerstand von Wolfram $50\text{-}60\ \mu\Omega\cdot\text{cm}$, was nur dem 5-fachen der Raumtemperatur entspricht, und weist eine ausgezeichnete elektrische Stabilität auf.

Zu den Anwendungen für elektrische Hochtemperatureigenschaften gehören:

Lichtbogenschmelzen: Wolframtiegel können als Elektroden verwendet werden, um hohen Strömen und hohen Wärmebelastungen standzuhalten.

Widerstandsheizung: Der Wolframtiegel kann direkt elektrisch beheizt werden, was die Auslegung des Heizsystems vereinfacht.

2.7.2 Verschleiß und Verschleißfestigkeit des Wolframtiegels

Wolfram hat eine Härte von 8-9 auf der Mohs-Skala, eine hohe Oberflächenhärte, eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit und ist für den Langzeitbetrieb bei hohen Temperaturen geeignet. Bei der Prüfung der Abriebfestigkeit wird in der Regel ein Reibungs- und Verschleißtest durchgeführt, bei dem der Kontakt eines Tiegels mit einer geschmolzenen Substanz oder einem Werkzeug simuliert wird. Eine verbesserte Verschleißfestigkeit kann durch Oberflächenbeschichtungen wie Wolframcarbid oder Titanitrid oder durch Ionenimplantation

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

erreicht werden. Diese Behandlungen erhöhen die Oberflächenhärte auf HV 2000 und verlängern die Lebensdauer des Tiegels weiter.

2.7.3 Strahlungsbeständigkeit von Wolframtiegeln (Anwendungen in der Nuklearindustrie)

Wolfram hat ein hohes Absorptionsvermögen für Neutronen und Gammastrahlen und eignet sich daher für Hochtemperaturkomponenten in Kernreaktoren und Kernfusionsanlagen. Die Strahlungsbeständigkeit von Wolfram beruht auf seiner hohen Dichte und hohen Ordnungszahl, die effektiv gegen Strahlungsenergie abschirmen kann.

In der Nuklearindustrie werden Wolframtiegel häufig für die Prüfung von Plasmamaterial und die Herstellung von Hochtemperaturkomponenten verwendet. Die Testdaten zeigten, dass der Wolframtiegel unter einer Gammastrahlung von 10^6 Gy strukturell intakt blieb, ohne dass es zu einer offensichtlichen Gitterschädigung kam.

2.8 Wolframtiegel-Sicherheitsdatenblatt von CTIA GROUP LTD

Das Sicherheitsdatenblatt (MSDS) für Wolframtiegelmaterialien, das von CTIA GROUP LTD (<http://cn.ctia.group>) zur Verfügung gestellt wird, listet die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften, die Sicherheitsrichtlinien und die Notfallbehandlungsmaßnahmen der Produkte im Detail auf. Zu den wichtigsten Inhalten des Sicherheitsdatenblatts gehören:

Teil I: Produktname

Name: Wolfram-Tiegel

CAS-Nr.: 7440-33-7

Teil II: Zusammensetzung/Informationen zur Zusammensetzung

Hauptinhalt W \geq 99,95%

Gehalt an Gesamtverunreinigungen \leq 0,05 %

Teil III: Überblick über die Gefahren

Gesundheitsgefahren: Dieses Produkt ist nicht reizend für Augen und Haut.

Explosionsgefahr: Dieses Produkt ist nicht brennbar und nicht reizend.

Teil IV: Erste-Hilfe-Maßnahmen

Haut-zu-Haut-Kontakt: Kontaminierte Kleidung ausziehen und mit viel fließendem Wasser abspülen.

Blickkontakt: Heben Sie das Augenlid an und spülen Sie es mit fließendem Wasser oder Kochsalzlösung ab. Ärztliche Behandlung.

Einatmen: Vom Tatort an die frische Luft nehmen. Wenn Sie Schwierigkeiten beim Atmen haben, geben Sie Sauerstoff. Ärztliche Behandlung.

Einnahme: Trinken Sie viel warmes Wasser, um Erbrechen auszulösen. Ärztliche Behandlung.

Teil V: Brandschutzmaßnahmen

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Schädliche Verbrennungsprodukte: Natürliche Zersetzungsprodukte sind unbekannt.

Feuerlöschmethode: Feuerwehrleute müssen Gasmasken und Ganzkörper-Feuerwehrranzüge tragen, um das Feuer in Windrichtung zu löschen. Feuerlöschmittel: trockenes Lederpulver, Sand.

Teil 6: Notfallbehandlung bei verschütteten Flüssigkeiten

Notfallbehandlung: Isolieren Sie den mit Leckagen kontaminierten Bereich und beschränken Sie den Zugang. Schalten Sie den Brandherd aus. Den Einsatzkräften wird empfohlen, Staubmasken (Vollmasken) und Schutzkleidung zu tragen. Vermeiden Sie Staub, fegen Sie ihn vorsichtig auf, stecken Sie ihn in einen Beutel und bringen Sie ihn an einen sicheren Ort. Wenn eine große Menge an Leckagen vorhanden ist, decken Sie sie mit einem Plastiktuch oder einer Leinwand ab. Sammeln und recyceln oder zur Entsorgung zu einer Mülldeponie transportieren.

Teil VII: Handhabung, Handhabung und Lagerung

Vorsichtsmaßnahmen für den Betrieb: Die Bediener müssen speziell geschult sein und die Betriebsverfahren strikt befolgen. Es wird empfohlen, dass der Bediener selbstansaugende filtrierende Staubmasken, eine chemische Schutzbrille, einen Overall gegen Giftdurchdringung und Gummihandschuhe trägt. Halten Sie sich von Feuer und Wärmequellen fern, und Rauchen ist am Arbeitsplatz strengstens verboten. Verwenden Sie explosionsgeschützte Lüftungssysteme und -geräte. Vermeiden Sie Staubeentwicklung. Vermeiden Sie den Kontakt mit Oxidationsmitteln und Halogenen. Bei der Handhabung ist es notwendig, leicht zu be- und entladen, um Schäden an der Verpackung und den Behältern zu vermeiden. Ausgestattet mit den entsprechenden Sorten und Mengen an Feuerlöschgeräten und Geräten zur Notfallbehandlung von Leckagen. Leere Behälter können Schadstoffe hinterlassen.

Vorsichtsmaßnahmen bei der Lagerung: In einem kühlen, belüfteten Lager lagern. Von Feuer und Wärmequellen fernhalten. Es sollte getrennt von Oxidationsmitteln und Halogenen gelagert und nicht vermischt werden. Ausgestattet mit der entsprechenden Vielfalt und Menge an Feuerlöschgeräten. Der Lagerbereich sollte mit geeigneten Materialien ausgestattet sein, um die Verschüttung einzudämmen.

Teil VIII: Expositionsbegrenzung/Persönlicher Schutz

China MAC (mg/m³): 6

MAC der UdSSR (mg/m³): 6

TLVTN:ACGIH 1mg/m³

TLVWN:ACGIH 3mg/m³

Überwachungsmethode: Kaliumthiocyanid-Titanchlorid-Spektrolumineszenzmethode

Technische Kontrolle: Der Produktionsprozess ist staubfrei und vollständig belüftet.

Atemschutz: Wenn die Staubkonzentration in der Luft die Norm überschreitet, muss eine selbstansaugende filtrierende Staubmaske getragen werden. Im Falle einer Notfalleвакуierung sollte ein Atemschutzgerät getragen werden.

Augenschutz: Tragen Sie eine chemische Schutzbrille.

Körperschutz: Tragen Sie einen Anti-Gift-Penetrationoverall.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Handschutz: Tragen Sie Gummihandschuhe.

Teil IX: Physikalisch-chemische Eigenschaften

Hauptbestandteil: Rein

Aussehen und Eigenschaften: massives, hochweißes Metall

Schmelzpunkt (°C): N/A

Siedepunkt (°C): N/A

Relative Dichte (Wasser = 1): 13~18,5 (20 °C)

Dampfdichte (Luft = 1): Keine Angabe

Sättigungsdampfdruck (kPa): keine Daten verfügbar

Verbrennungswärme (kJ/mol): keine Angabe

Kritische Temperatur (°C): Keine Daten verfügbar

Kritischer Druck (MPa): Keine Daten verfügbar

Logarithmus des Wasserverteilungskoeffizienten: keine Daten

Flammpunkt (°C): Keine Daten verfügbar

Zündtemperatur (°C): Keine Daten

Explosionsgrenze % (V/V): Keine Daten

Untere Explosionsgrenze % (V/V): Keine Daten

Löslichkeit: löslich in Salpetersäure, Flusssäure

Hauptverwendungen: Wird zur Herstellung von Abschirmteilen, Dartschäften aus Wolframlegierungen, Kugeln aus Wolframlegierung usw. verwendet

Teil X: Stabilität und Reaktivität

Verbotene Substanzen: starke Säuren und Alkalien.

Teil 11:

Akute Toxizität: keine Daten verfügbar

LC50: Keine Daten

Teil XII: Ökologische Daten

Für diesen Abschnitt liegen keine Daten vor

Teil XIII: Entsorgung

Abfallentsorgungsmethode: Beziehen Sie sich vor der Entsorgung auf die einschlägigen nationalen und lokalen Gesetze und Vorschriften. Recyceln, wenn möglich.

Teil XIV: Versandinformationen

Verpackungskategorie: Z01

Vorsichtsmaßnahmen für den Transport: Die Verpackung sollte beim Versand vollständig sein und die Verladung sollte sicher sein. Während des Transports muss sichergestellt werden, dass der Behälter nicht ausläuft, zusammenbricht, herunterfällt oder beschädigt wird. Es ist strengstens verboten, mit Oxidationsmitteln, Halogenen, essbaren Chemikalien usw. zu mischen. Während des

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Transports sollte es vor Sonne, Regen und hohen Temperaturen geschützt werden. Die Fahrzeuge sollten nach dem Transport gründlich gereinigt werden.

Teil 15: Lieferanteninformationen

Lieferant: CTIA GROUP LTD

Telefonnummer: +86 0592-5129696/5129595



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

CTIA GROUP LTD

Tungsten Crucible Introduction

1. Overview of Tungsten Crucibles

Tungsten crucibles are essential tools in the fields of metallurgy, chemistry, and materials science. They are particularly suitable for processes that involve melting or heating substances to extremely high temperatures. Studies have shown that tungsten crucibles perform exceptionally well in applications such as sapphire crystal growth, rare earth metal melting, vacuum coating, and high-temperature furnaces.

2. Features of Tungsten Crucibles

Ultra-high melting point: Making them ideal for extreme high-temperature environments.

High purity: purity of $\geq 99.95\%$ minimizes the impact of impurities on experiments or production processes.

Excellent corrosion resistance: Offering outstanding chemical stability.

High density and low vapor pressure: Ensuring material stability.

High strength and wear resistance: Ensuring long service life.

Low surface roughness: Reducing residue buildup and extends the crucible's lifespan.

3. Applications of Tungsten Crucibles

Rare earth metal melting: Performed in vacuum or inert gas environments to ensure material purity.

Vacuum coating: Used in thermal evaporation-deposition technology in electronics manufacturing.

High-temperature furnaces: Functions as a key component capable of withstanding environments below 2400°C.

Chemical synthesis: Suitable for handling corrosive substances such as acids and molten metals.

Metal smelting and refining: Used for melting and refining high-purity metals.

Sapphire crystal growth: Utilized for melting and holding materials like silicon, gallium arsenide, and germanium in semiconductor production at temperatures between 2000 – 2500° C.

4. Specifications of Tungsten Crucibles

Specification	Details
Material	Pure tungsten or tungsten alloy
Purity	99.95%
Diameter	20–620 mm
Height	20–500 mm
Wall Thickness	3.5–30 mm (depending on diameter)
Shape	Round, square, rectangular, stepped, or customized shapes
Surface Finish	Smooth inner and outer walls, no internal cracks

5. Purchasing Information

Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Kapitel 3 Herstellungsprozess und Technologie des Wolframtiegels

Die Herstellung von Wolframtiegel ist ein komplexer Prozess, der die Vorbereitung des Rohmaterials, die Pulvermetallurgie, das Formen, Sintern, die Bearbeitung, die Nachbearbeitung und die Qualitätskontrolle umfasst. Die technischen Details jedes Links wirken sich direkt auf die Leistung und die Kosten des Tiegels aus. In diesem Kapitel werden der Prozessablauf, die Anforderungen an die Ausrüstung, die Optimierungsstrategien der einzelnen Glieder und die neuesten technologischen Fortschritte der weltweit größten Unternehmen für Wolframprodukte ausführlich erörtert.

3.1 Aufbereitung von Wolframtiegelrohstoffen

Die Qualität des Rohmaterials ist die Grundlage für die Leistung des Wolframtiegels, die direkt seine Reinheit, Mikrostruktur und Hochtemperaturleistung bestimmt. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Diskussion unter vier Aspekten: Wolframerzraffination, Wolframpulvereigenschaften, Partikelgrößenkontrolle und Qualitätsprüfung.

3.1.1 Wolframerzraffination und Herstellung von hochreinem Wolframpulver

Die Rohstoffe des Wolframtiegels werden hauptsächlich aus Wolframit und Scheelit (www.tungsten.com.cn) gewonnen. Der Raffinationsprozess umfasst die Zerkleinerung des Erzes, die Flotation, die Schwerkrafttrennung, die chemische Laugung und die Aufbereitung von Ammoniumparawolframat (APT). APT stellt hochreines Wolframpulver durch Wasserstoffreduktion her, und der Prozessablauf ist wie folgt: APT-Kalzinierung (500-800 °C) → Wasserstoffreduktion (800-1000 °C) → Pulversiebung.

Die Reinheit von hochreinem Wolframpulver muss in der Regel mehr als 99,95 % erreichen, und einige High-End-Anwendungen (z. B. Halbleiter) erfordern 99,999 % (5 N). Die Kontrolle der Atmosphäre (Wasserstoffreinheit > 99,999 %) und der Temperaturgradient (± 5 °C) während der APT-Reduktion sind der Schlüssel zum Erreichen einer hohen Reinheit. Reduktionsöfen sind in der Regel mit einer Mehrzonen-Temperaturregelung ausgelegt, und das Ofenrohrmaterial besteht aus hochreinem Molybdän oder Quarz, um Verunreinigungen zu vermeiden.

Zu den Herausforderungen im Raffinationsprozess gehören der Energieverbrauch und Umweltaspekte. Das traditionelle hydrometallurgische Verfahren erfordert die Verwendung einer großen Anzahl von sauren und alkalischen Reagenzien, die Abfallflüssigkeiten und Abgase erzeugen. Die grüne metallurgische Technologie von Chinatungsten Online reduziert die Emissionen von flüssigen Abfällen auf 0,1 m³/Tonne durch eine geschlossene Wasseraufbereitung und katalytische Umwandlung von Abgasen gemäß ISO 14001 [67].

3.1.2 Anforderungen an die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Wolframpulver

Zu den chemischen Eigenschaften von Wolframpulver gehören ein niedriger Sauerstoffgehalt (<200 ppm), ein geringer Gehalt an Verunreinigungen (Eisen<50 ppm, Nickel < 20 ppm, Kohlenstoff <30

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

ppm) und eine hohe Reinheit (>99,95 %). Zu den physikalischen Eigenschaften gehören Partikelgröße, Topographie, Fließfähigkeit und scheinbare Dichte. Der Partikelgrößenbereich beträgt typischerweise 1 µm bis 10 µm, und die Topographie ist vorzugsweise nahezu kugelförmig, um die Dichte und die Sinterereigenschaften des Pulvers zu verbessern. Die Durchflussrate wird mit einem Hall-Geschwindigkeitsmesser gemessen, und die Durchflussrate von hochwertigem Wolframpulver sollte weniger als 20 s/50 g betragen. Die scheinbare Dichte (ca. 4-6 g/cm³) spiegelt die Packungseigenschaften des Pulvers wider und wirkt sich direkt auf die Dichte des geformten Körpers aus.

Die technischen Spezifikationen von Chinatungsten Online verlangen, dass der Sauerstoffgehalt von Wolframpulver durch Hochtemperatur-Wasserstoffreduktion unter 100 ppm kontrolliert und Eisenverunreinigungen durch magnetische Trennung und Beizen entfernt werden. Die Plasma-Sphäroidisierung wurde verwendet, um die unregelmäßige Form des Pulvers auf eine nahezu kugelförmige Form zu optimieren, mit einer Nodularisierungsrate von mehr als 90% [68]. Globale Unternehmen wie die österreichische Plansee Group haben die Partikelgrößenverteilung von Wolframpulver bei ±0,5 µm durch die Luftstromklassifizierungstechnologie kontrolliert, um die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur des Tiegels zu verbessern.

3.1.3 Partikelgrößenverteilung und Morphologiekontrolle von Wolframpulver

Die Partikelgrößenverteilung von Wolframpulver wirkt sich direkt auf die Dichte, die mechanischen Eigenschaften und die Sinterschrumpfung des Tiegels aus. Die enge Korngrößenverteilung (D90/D10<2) verbessert die Gleichmäßigkeit des Tiegels und reduziert Porosität und Risse. Die Partikelgrößenkontrolle erfolgt in der Regel durch Luftstromklassifizierung, Ultraschallsiebung oder Nasssedimentationstechniken. Die Luftstromklassifizierung trennt Pulver unterschiedlicher Partikelgrößen, indem die Luftströmungsgeschwindigkeit (5-20 m/s) mit einer Genauigkeit von ±0,1 µm eingestellt wird. Die Ultraschallsiebung wird verwendet, um ultrafeine Pulver (<0,5 µm) zu entfernen, um ein abnormales Kornwachstum während des Sinterprozesses zu vermeiden.

Die Topographiesteuerung ist der Schlüssel zur Optimierung der Partikelgröße. Die Schüttdichte von nahezu kugelförmigem Pulver ist etwa 20 % höher als die von unregelmäßigem Pulver, und die Sinterdichte kann mehr als 99 % erreichen. Bei der Plasma-Sphäroidisierungstechnologie wird Wolframpulver mit Hochtemperaturplasma (>10000 °C) geschmolzen, um unter Oberflächenspannung eine kugelförmige Form zu bilden.

3.1.4 Qualitätsprüfung der Rohstoffe

Die Prüfung von Rohstoffen umfasst die Analyse der chemischen Zusammensetzung, die Analyse der Partikelgröße, die Beobachtung der Morphologie und die Prüfung der physikalischen Eigenschaften. Die chemische Zusammensetzung wurde mittels Röntgenfluoreszenzspektrometrie (RFA), Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) und Gasanalysatoren mit einer Genauigkeit von 1 ppm analysiert. Die Partikelgrößenanalyse wird mit einem Laser-Partikelgrößenanalysator mit einem Messbereich von 0,1 µm bis 100 µm durchgeführt. Für die Topographiebetrachtung wurden die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) mit einer Auflösung von 1 nm eingesetzt. Die Prüfung der physikalischen Eigenschaften umfasst Messungen des Durchflusses und der scheinbaren Dichte, um sicherzustellen, dass das Pulver die Anforderungen an Formgebung und Sintern erfüllt.

3.2 Wolframtiegel-Pulvermetallurgieverfahren

Die Pulvermetallurgie ist die Kerntechnologie der Wolframtiegelauflbereitung, die Schritte wie Mischen, Kaltpressen und Verdichten umfasst. Im Folgenden werden drei Aspekte ausführlich erläutert: Mischen und Additive, Kaltpressen und Preforming sowie Verdichten und Entbindern.

3.2.1 Wolframpulvermischung und Additive

Um die Leistung des Tiegels zu verbessern, werden dem Wolframpulver in der Regel Spurenelemente (z. B. Lanthan, Cer, Yttrium) oder Bindemittel (z. B. Polyvinylalkohol PVA, Polymethylmethacrylat PMMA) zugesetzt. Lanthan (0,5-1 %) verbessert die Hochtemperaturfestigkeit und Kriechfestigkeit von Wolfram, während Cer (0,2-0,5 %) die Temperaturwechselbeständigkeit verbessert. Bindemittel werden verwendet, um die Festigkeit von kaltgepressten Körpern zu erhöhen, typischerweise in einer Dosierung von 1-3 Gew.-%. Beim Mischprozess werden Planetenkugelmühlen oder V-Mischer mit einer Mischzeit von 4-8 Stunden und einer Drehzahl von 100-300 U/min verwendet, um eine gleichmäßige Verteilung der Additive zu gewährleisten.

3.2.2 Kaltpress- und Preformtechnik

Die Kaltpressung wird durch einachsige Press- oder isostatische Presstechnik mit einem Druckbereich von 100 MPa bis 300 MPa erreicht. Die Einwellenpressung eignet sich für kleine Tiegel (Durchmesser < 200 mm) mit Formen aus hochfestem Stahl oder Hartmetall und oberflächenpoliert auf $Ra < 0,1 \mu\text{m}$. Das isostatische Pressen (CIP) übt gleichmäßigen Druck auf ein flüssiges Medium aus und eignet sich für große Tiegel (Durchmesser > 300 mm) mit einer Dichte von 60 % bis 70 % der theoretischen Dichte. Bei der Form des Preformkörpers muss die Sinterschrumpfung (15%-20%) berücksichtigt werden, und die Formgröße wird in der Regel um das 1,2-fache vergrößert.

3.2.3 Pulververdichtung und Entbinderung

Der Entbinderungsprozess wird in einer Wasserstoffatmosphäre von 400°C bis 600°C durchgeführt, mit einer Haltezeit von 2-4 Stunden und einer Abtragsrate von mehr als 99%. Die Wasserstoffatmosphäre verhindert die Oxidation von Wolframpulver und entfernt Sauerstoffverunreinigungen von der Oberfläche. Die Verdichtung wird durch Sintern erreicht, und die endgültige Dichte des Tiegels kann mehr als 99 % erreichen. Der Vorsinterkörper wird vorgesintert (800-1000°C), um die Anfangsfestigkeit zu erhöhen.

3.3 Verfahren zur Umformung des Wolframtiegels

Der Umformprozess bestimmt die geometrische Genauigkeit, die strukturelle Gleichmäßigkeit und die Produktionseffizienz des Tiegels. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Diskussion aus fünf Aspekten: isostatisches Pressen, Formen, Spinnen, komplexe Formgebung und Formendesign.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

3.3.1 Isostatisches Pressen (kaltisostatisches Pressen, heißisostatisches Pressen)

Das kaltisostatische Pressen (CIP) übt gleichmäßig Druck (100-200 MPa) auf ein flüssiges Medium wie Wasser oder Öl aus und eignet sich für die Formung großer Tiegel. Die Druckkammer einer CIP-Anlage besteht in der Regel aus hochfestem Stahl und ist mit einer Gummiform ausgekleidet, um die Oberfläche des Grünkörpers zu schützen. Das heißisostatische Pressen (HIP) wird bei hohen Temperaturen (1000-1500 °C) und hohen Drücken (100-200 MPa) durchgeführt, um die Dichte des Tiegels weiter zu erhöhen und die Porosität auf weniger als 0,1 % zu reduzieren.

3.3.2 Formpressen und Extrudieren

Das Formpressen wird durch einachsiges oder biaxiales Pressen erreicht, das sich für die Kleinserienfertigung mit geringen Werkzeugkosten eignet. Die Extrusion wird zur Herstellung schlanker Tiegel (z. B. Höhe > 1000 mm) mit einem hohen Aspektverhältnis (> 10:1) verwendet, das durch kontinuierliche Extrusion erreicht wird. Beide Verfahren erfordern eine präzise Steuerung des Pulverflusses und der Formschmierstoffe (z. B. Graphitemulsion).

3.3.3 Drehen und Strecken

Das Drückformen formt Tiegel durch rotierende Formen mit hoher Geschwindigkeit (500-2000 U/min) und eignet sich für die Herstellung von dünnwandigen Tiegeln (Wandstärke < 3 mm). Die Form besteht aus Hartmetall oder Keramik und die Oberfläche ist auf $Ra < 0,05 \mu\text{m}$ poliert. Die Streckumformung erfolgt mittels eines Ziehwerkzeugs und ist für Tiegel mit großen Höhen geeignet. Laut dem technischen Bericht von Chinatungsten Online beträgt die Gleichmäßigkeit der Wandstärke des gesponnenen Tiegels $\pm 0,1 \text{ mm}$, und die Produktionseffizienz ist etwa 50 % höher als die des Formens.

3.3.4 Umformtechnik für Tiegel mit komplexen Formen

Tiegel mit komplexen Formen, wie z. B. Flansch-, Mehrkavitäten- oder Stufendesigns, werden häufig durch CN-Spinnen, isostatisches Pressen oder additive Fertigung geschleudert. Das CNC-Spinnen ermöglicht komplexe Geometrien durch mehrachsige Verkettung, während das isostatische Pressen durch flexible Formen gebildet wird.

3.3.5 Konstruktion und Herstellung von Formen

Bei der Werkzeugkonstruktion müssen die Sinterschrumpfung, die thermische Spannungsverteilung und die Lebensdauer der Form berücksichtigt werden. Das Formmaterial besteht in der Regel aus hochfestem Stahl, Hartmetall oder Keramik, und die Oberfläche muss verchromt oder mit DLC (diamond-like coating) beschichtet werden, um die Verschleißfestigkeit zu verbessern.

3.4 Sinterprozess des Wolframtiegels

Der Sinterprozess des Wolframtiegels ist der Kernschritt seines Vorbereitungsprozesses, der die Dichte, das Gefüge, die mechanischen Eigenschaften, die hohe Temperaturstabilität und die endgültige Lebensdauer des Tiegels direkt bestimmt. Beim Sintern diffundieren Wolframpulverpartikel und verbinden sich durch Hochtemperaturbehandlung zu einer hochdichten, gleichmäßigen Feststoffstruktur. Aufgrund des extrem hohen Schmelzpunkts (ca. 3422 °C), der

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

hohen Härte und der chemischen Inertheit von Wolfram muss der Sinterprozess unter genau kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden, um eine gleichbleibende Produktqualität und zuverlässige Leistung zu gewährleisten. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Technologien des Wolframtiegelinterns eingehend erörtert, einschließlich Vakuumsintern, Wasserstoff- oder Schutzgassintern, Optimierung der Sinterparameter, mehrstufiges Sintern, Gradientensintern, Sinterschrumpfung und Größenkontrolle, kombiniert mit den technischen Praktiken globaler Unternehmen für Wolframprodukte, der neuesten akademischen Forschung und den von Chinatungsten Online bereitgestellten Brancheninformationen. die Grundlagen, Anlagen, Parameter und Herausforderungen des Sinterprozesses umfassend zu analysieren.

3.4.1 Vakuum-Sintertechnik

Das Vakuumsintern ist das Verfahren der Wahl für die Herstellung von hochreinen Wolframtiegeln, die in anspruchsvollen Bereichen wie der Halbleiterkristallzüchtung, der Verhüttung von Seltenerdmetallen und der Nuklearindustrie weit verbreitet sind. Die Vakuumumgebung reduziert die Oxidation von Wolfram durch Sauerstoff und andere reaktive Gase erheblich und gewährleistet so eine hohe Reinheit und hervorragende Leistung des Tiegels.

Verfahrensprinzip

Beim Vakuumsintern wird der Wolframkörper auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunkts von Wolfram (typischerweise zwischen 1800 °C und 2600 °C) erhitzt, um die Oberflächendiffusion, die Korngrenzendiffusion und die stereoskopische Diffusion zwischen den Partikeln zu fördern, um eine dichte Mikrostruktur zu bilden. Unter Vakuum werden Gasmoleküle aus der Umgebung entfernt, wodurch die Bildung von Oxiden (z. B. Wolframtrioxid) und anderen Verunreinigungen reduziert wird. Während des Sinterprozesses werden Wolframpartikel durch atomare Migration und Porenschluss zu einer Tiegelstruktur mit einer Dichte nahe der theoretischen Dichte (19,25 g/cm³) verbunden.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Beim Vakuumsintern wird in der Regel ein Hochtemperatur-Vakuumsinterofen verwendet, der mit Molybdän-, Wolfram- oder Graphitheizelementen ausgestattet ist, um extrem hohe Temperaturen zu erreichen. Der Ofenkörper sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

Vakuumsystem: Ausgestattet mit mechanischen, Diffusions- oder Turbomolekularpumpen, um ein Vakuumniveau von 10⁻³ Pa bis 10⁻⁵ Pa zu gewährleisten.

Heizelemente: Molybdän- oder Graphit-Heizelemente müssen hohen Temperaturen über 2600 °C standhalten und eine gleichmäßige Temperaturverteilung aufweisen.

Temperaturregelung: Es wird ein Infrarot-Thermometer oder Thermoelement verwendet, und die Genauigkeit wird innerhalb von ±5 °C geregelt.

Ofenmaterial: Mit hochreinem Graphit oder Molybdän ausgekleidet, um eine Reaktion mit dem Wolframkörper bei hohen Temperaturen zu verhindern.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Prozessparameter

Wichtige Prozessparameter haben einen wesentlichen Einfluss auf den Sinterereffekt:

Sintertemperatur: in der Regel zwischen 2000°C und 2400°C. Hohe Temperaturen (>2500 °C) können zu einem abnormalen Kornwachstum führen und den Rissausbreitungswiderstand des Tiegels verringern. Zu niedrige Temperaturen (<1900 °C) können zu einer unzureichenden Dichte (<95 %) führen.

Haltezeit: Abhängig von der Größe des Tiegels und der Wandstärke beträgt die Haltezeit in der Regel 2 bis 10 Stunden. Bei dünnwandigen Tiegeln (Wandstärke <5 mm) dauert es 2 bis 4 Stunden, bei dickwandigen Tiegeln (Wandstärke > 10 mm) 6 bis 10 Stunden.

Vakuum: Unter 10^{-3} Pa benötigen einige High-End-Anwendungen (z. B. Tiegel für Halbleiter) 10^{-4} Pa oder höher.

Heizrate: Regelung bei 3 °C/min bis 10 °C/min, zu schnell kann zu thermischer Belastung und Rissbildung des grünen Körpers führen.

Abkühlgeschwindigkeit: geregelt unter 5 °C/min, mit Sektionskühlung, um die Eigenspannung zu reduzieren.

Technologische Vorteile

Hohe Reinheit: Die Vakuumumgebung verhindert effektiv Oxidation und Verunreinigungen, und die Reinheit des Tiegels kann mehr als 99,99% erreichen.

Homogenes Gefüge: Korngrößen von 10 bis 50 µm können durch präzise Steuerung von Temperatur und Zeit gesteuert werden, wodurch die mechanischen Eigenschaften optimiert werden.

Niedrige Fehlerrate: Reduziert Porosität und Einschlüsse, was zu Dichten von 98 % bis 99,5 % führt, um die Anforderungen von High-End-Anwendungen zu erfüllen.

Technische Herausforderungen

Hohe Ausrüstungskosten: Vakuum-Sinteröfen sind teuer in der Herstellung und Wartung, insbesondere für den Betrieb von Hochvakuumanlagen.

Hoher Energieverbrauch: Hoher Energieverbrauch aufgrund der hohen Temperatur und des Langzeitsinterns, und der Prozess muss optimiert werden, um die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

Hohe Anforderungen an den Grünkörper: Die anfängliche Dichte und Gleichmäßigkeit des Grünkörpers wirken sich direkt auf den Sinterereffekt aus, und der vorherige Prozess (z. B. das isostatische Druckformen) muss streng kontrolliert werden.

3.4.2 Schutzgassintern mit Wasserstoff oder Schutzgas

Das Schutzsintern mit Wasserstoff oder Inertgasen (z. B. Argon, Stickstoff) ist eine weitere wichtige Technologie in der Herstellung von Wolframtiegeln für kostensensible oder relativ niedrige Reinheitsanwendungen, wie z. B. das Schmelzen von Edelmetallen in der metallurgischen Industrie und die Verarbeitung von Siliziummaterial in der Photovoltaikindustrie.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Verfahrensprinzip

Geschützt durch Wasserstoff oder Inertgas kann die Sinterumgebung die Reaktion des Wolframkörpers mit Sauerstoff oder anderen reaktiven Gasen wirksam verhindern. Wasserstoffsintern verbessert die Reinheit von Wolframmaterialien, indem es Spurenoxide wie WO_3 reduziert und die Diffusionsbindung zwischen Partikeln fördert. Inertgase (wie z.B. Argon) verhindern, dass Wolfram bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff oder Stickstoff reagiert, indem sie eine inerte Atmosphäre bilden, die sich für Szenarien mit hohen Anforderungen an die chemische Stabilität eignet.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Wasserstoff-Sinteröfen und Inertgas-Sinteröfen müssen folgende Eigenschaften aufweisen:

Heizsystem: Das Heizelement aus Wolframdraht, Molybdändraht oder Graphit wird verwendet, um hohen Temperaturen über 2300 °C standzuhalten.

Gasreinigungssystem: Ausgestattet mit einem Molekularsieb oder Katalysator, um sicherzustellen, dass die Reinheit des Wasserstoffs 99,999 % erreicht und Wasser- und Sauerstoffverunreinigungen entfernt werden.

Atmosphärenzirkulationssystem: Steuern Sie den Gasfluss und den Druck, um lokale Unebenheiten zu vermeiden.

Sicherheitssystem: Wasserstoff-Sinteröfen müssen mit explosionsgeschützten Geräten und Lecksuchsystemen ausgestattet sein, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Prozessparameter

Sintertemperatur: in der Regel zwischen 1800 °C und 2300 °C, niedriger als beim Vakuumsintern, um den Energieverbrauch zu senken.

Kontrolle der Atmosphäre:

Wasserstoff: $\geq 99,999$ % Reinheit, Durchflussmenge 0,5 bis 2 l/min, Feuchtigkeitsgehalt < 5 ppm.

Argon: Reinheit $\geq 99,999$ %, Sauerstoffgehalt < 10 ppm, Druck 0,1 bis 0,5 MPa.

Haltezeit: 3 bis 12 Stunden, abhängig von der Größe des Tiegels und den Anforderungen an die Dichte.

Heizrate: 5 °C/min bis 15 °C/min, wodurch Wirkungsgrad und thermische Belastung in Einklang gebracht werden.

Kühlgeschwindigkeit: 3 °C/min bis 8 °C/min, Inertgas-unterstützte Kühlung zur Reduzierung von Stress.

Technologische Vorteile

Niedrigere Kosten: Im Vergleich zum Vakuumsintern hat das Wasserstoffsintern niedrigere Ausrüstungs- und Betriebskosten und eignet sich für die Großserienproduktion.

Oxidreduzierung: Wasserstoff kann Spurenoxide in Wolframpulver effektiv entfernen und die Reinheit von Materialien verbessern.

Flexibilität: Das Inertgassintern kann an eine Vielzahl von Szenarien angepasst werden, indem je nach Anwendungsanforderung verschiedene Gase (z. B. Argon oder Helium) ausgewählt werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Wasserstoffsicherheit: Die Entflammbarkeit von Wasserstoff erfordert strenge Sicherheitsmaßnahmen, was die Komplexität der Gerätekonstruktion erhöht.

Schwierigkeit bei der Atmosphärenkontrolle: Präzise Steuerung der Gasreinheit und des Gasflusses, um das Eindringen von Feuchtigkeit oder anderen Verunreinigungen zu verhindern.

Einschränkungen der Reinheit: Das Atmosphärensintern hat eine etwas geringere Reinheit als das Vakuumsintern und ist möglicherweise nicht für Anwendungen mit ultrahoher Reinheit geeignet.

3.4.3 Optimierung von Sinter temperatur, -zeit und -atmosphäre

Die Optimierung von Sinter temperatur, -zeit und -atmosphäre ist der Schlüssel zur Erzielung von Hochleistungs-Wolframtiegeln, die sich direkt auf die Dichte, die Korngröße, die mechanischen Eigenschaften und die hohe Temperaturstabilität auswirken. Durch die systematische Optimierung dieser Parameter kann die beste Balance zwischen Leistung und Kosten gefunden werden.

Temperaturoptimierung

Die Sinter temperatur ist der zentrale Faktor, der die Diffusionsrate und das Kornwachstum von Wolframpartikeln beeinflusst. Studien haben gezeigt, dass:

Unterhalb von 2000 °C ist die Partikeldiffusionsrate langsamer und die Dichte beträgt in der Regel weniger als 95 %, was es für anspruchsvolle Anwendungen ungeeignet macht.

Bei 2200 °C bis 2400 °C kann die Dichte 97 % bis 99,5 % erreichen, und die Korngröße wird unter Berücksichtigung von Festigkeit und Zähigkeit von 20 bis 50 µm gesteuert.

Oberhalb von 2500 °C kann eine Überwucherung des Korns (>100 µm) zu einer Abnahme der Rissausbreitungsbeständigkeit führen und die Lebensdauer des Tiegels beeinträchtigen. Die Optimierungsstrategie umfasst die Verwendung von Gradientenheizkurven (z. B. 1000 °C Vorwärmen, 1800 °C Mitteltemperatursintern, 2300 °C Hochtemperaturverdichtung), um die Verdichtung und die Kornregelung auszugleichen. Laut einem technischen Artikel von Chinatungsten Online kann eine genaue Temperaturoptimierung die Temperaturwechselbeständigkeit des Tiegels um bis zu 20 % verbessern.

Zeitoptimierung

Die Haltezeit muss der Tiegelgröße, der Wandstärke und den Dichtezielen entsprechen:

Kleiner Tiegel (Durchmesser < 100 mm): 2 bis 4 Stunden warm halten und die Dichte kann mehr als 97 % erreichen.

Mittelgroße Tiegel (100 bis 300 mm Durchmesser): 4 bis 8 Stunden warm halten, um eine gleichmäßige Verdichtung zu gewährleisten.

Große Tiegel (Durchmesser > 300 mm): Halten Sie 8 bis 12 Stunden, verlängert, um die Diffusionsverzögerung in dickwandigen Bereichen auszugleichen. Zu langes Halten kann zu einem erhöhten Energieverbrauch und groben Körnern führen, während ein zu kurzes Halten zu Restporosität führen kann. Studien haben gezeigt, dass die Produktionseffizienz durch eine dynamische Anpassung der Haltezeit um 10 bis 15 Prozent gesteigert werden kann.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Optimierung der Atmosphäre

Die Auswahl und Kontrolle der Atmosphäre ist entscheidend für die Reinheit und Leistung des Wolframtiegels:

Wasserstoffatmosphäre: Erhöht die Wolframreinheit auf mehr als 99,95 % durch Reduzierung von Spurenoxiden (z. B. WO_2 , WO_3). Der Feuchtigkeitsgehalt (<5 ppm) sollte streng kontrolliert werden, um die Reaktion von Wasserdampf mit Wolfram unter Bildung flüchtiger Verbindungen zu vermeiden.

Argonatmosphäre: Geeignet für ultrahochreine Anwendungen, wie z. B. Tiegel für die Nuklearindustrie, bei denen der Sauerstoffgehalt < 10 ppm beträgt.

Heliumatmosphäre: Hohe Wärmeleitfähigkeit, geeignet für schnelle Abkühlenszenarien, jedoch zu höheren Kosten. Dynamische Atmosphärenkonditionierungstechnologien, wie z. B. das Stufenschalten von Wasserstoff und Argon, optimieren den Sintereffekt zusätzlich. Untersuchungen der Plansee Group haben gezeigt, dass durch eine dynamische Atmosphärenregelung der Gehalt an chemischen Verunreinigungen in Tiegeln um bis zu 30 % reduziert werden kann.

3.4.4 Mehrstufiges Sintern und Gradientensinterverfahren

Mehrstufiges Sintern und Gradientensintern sind Spitzentechnologien in der Herstellung von Wolframtiegeln, die entwickelt wurden, um die Probleme der Inhomogenität, thermischen Belastung und Mikrostrukturdefekte im Sinterprozess von Großtiegeln zu lösen.

Mehrstufiges Sintern

Das mehrstufige Sintern realisiert allmählich die Verdichtung des grünen Körpers, indem die Temperatur und die Haltezeit in Stufen gesteuert werden, die unterteilt sind in:

Niedertemperaturphase (800°C bis 1200°C): Entfernt Bindemittel, flüchtige Verunreinigungen und adsorbierte Gase, um die Bildung von Poren in der anschließenden Hochtemperaturphase zu verhindern.

Mittlere Temperaturstufe (1600 °C bis 1800 °C): fördert die anfängliche Bindung von Partikeln und reduziert die Porosität auf weniger als 20 %.

Hochtemperaturphase (2200°C bis 2400°C): Endverdichtung mit einer Dichte von mehr als 98%. Die Vorteile des mehrstufigen Sinterns sind eine geringere thermische Spannung, weniger Mikrorisse und eine verbesserte strukturelle Gleichmäßigkeit. Studien haben gezeigt, dass durch mehrstufiges Sintern die Defektrate von großen Tiegeln um bis zu 25 % reduziert werden kann.

Gradienten-Sintern

Beim Gradientensintern wird die Verteilung der Eigenschaften optimiert, indem unterschiedliche Temperaturen, Atmosphären oder Drücke auf verschiedene Bereiche des Tiegels angewendet werden. Zum Beispiel:

Hochtemperaturesintern der Außenwand: Eine hohe Temperatur von 2400 °C wird verwendet, um die Härte und Verschleißfestigkeit zu verbessern.

Sintern der Innenwand bei niedrigen Temperaturen: kontrolliert bei 2200°C, optimierte Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit.

Atmosphärengradient: Argonatmosphäre wird an der Außenwand verwendet, um die Reinheit zu

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

verbessern, und Wasserstoffatmosphäre wird an der Innenwand verwendet, um Oxide zu entfernen. Das Gradientensintern erfordert fortschrittliche Sinterofenkonstruktionen, wie z. B. zonale Heizung und Mehratmosphärenregelungssysteme. Laut dem technischen Bericht von Chinatungsten Online kann die Gradientensintertechnologie das Auftreten von Rissen bei der Herstellung von Wolframtiegeln mit großem Durchmesser (>400 mm) um 35 % reduzieren.

Ausrüstung & Steuerung

Das mehrstufige und Gradientensintern erfordert einen intelligenten Sinterofen mit folgenden Eigenschaften:

Zonenheizung: Unabhängige Temperaturregelung verschiedener Zonen durch mehrere Heizelemente.

Dynamische Atmosphärenregelung: Ausgestattet mit einem Gasverteilungssystem zur Unterstützung des Umschaltens von Wasserstoff, Argon oder Mischatmosphären.

Echtzeitüberwachung: Infrarot-Temperaturmessung und Laser-Entfernungsmessung werden verwendet, um das Temperaturfeld und die Größenänderungen des Tiegels zu überwachen.

3.4.5 Sinterschrumpfung und Größenkontrolle

Die Schrumpfung während des Sinterprozesses ist eine zentrale Herausforderung bei der Herstellung von Wolframtiegeln, die sich direkt auf die endgültige Maßgenauigkeit, die geometrischen Toleranzen und die Produktionskonsistenz auswirkt.

Schrumpfungsmechanismus

Die Sinterschrumpfung ist auf den Porenschluss- und Verdichtungsprozess zwischen Wolframpartikeln zurückzuführen. Die Schrumpfung liegt in der Regel zwischen 15 % und 22 %, abhängig von den folgenden Faktoren:

Partikelgröße des Wolframpulvers: Feine Partikelgrößen (<5 µm) weisen eine hohe Schrumpfung (18 % bis 22 %) auf, große Partikel (>10 µm) weisen eine geringere Schrumpfung (15 % bis 18 %) auf.

Dichte des Grünkörpers: Je höher die Anfangsdichte des kaltisostatisch gepressten Grünkörpers ist, desto geringer ist die Schrumpfung.

Sinterbedingungen: Hohe Temperaturen und langes Sintern erhöhen die Schrumpfung, können aber zu Maßabweichungen führen. Der Schrumpfungsprozess wird in drei Phasen unterteilt: die anfängliche Schrumpfung (anfänglicher Verschluss der Poren), die Zwischenschrumpfung (Partikelbindung) und die endgültige Schrumpfung (Abschluss der Verdichtung).

Technologie zur Maßkontrolle

Um die Maßhaltigkeit des Tiegels zu gewährleisten, müssen folgende Maßnahmen ergriffen werden:
Formdesign: Der Spielraum ist je nach Schrumpfung reserviert, in der Regel das 1,15- bis 1,25-fache der endgültigen Größe. Die Finite-Elemente-Analyse (FEA) dient der Simulation des Schwindverhaltens und der Optimierung der Werkzeuggeometrie.

Homogenität: Durch die Optimierung des kaltisostatischen Press- bzw. Formprozesses wird die Dichtegleichmäßigkeit des Grünkörpers (Abweichung <2%) sichergestellt und unregelmäßiges

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Schrumpfen reduziert.

Gesinterte Träger: Hochreine Stützen aus Graphit, Molybdän oder Zirkonoxid werden verwendet, um zu verhindern, dass sich der Tiegel bei hohen Temperaturen verformt oder zusammenbricht.

Echtzeitüberwachung: Laser-Entfernungsmesser oder Röntgenbildgebung werden verwendet, um die Änderung der Tiegelgröße in Echtzeit zu überwachen, und die Genauigkeit kann $\pm 0,05$ mm erreichen.

Segmentiertes Sintern: Die Schrumpfrate wird durch mehrstufiges Sintern gesteuert, um Spannungskonzentrationen durch schnelles Schrumpfen zu vermeiden.

Technische Herausforderungen

Maßabweichungen: Ungleichmäßigkeiten beim Schrumpfen von großen Tiegeln (> 500 mm Durchmesser) können zu Toleranzüberschreitungen führen.

Thermische Belastung: Schnelles Schrumpfen kann Mikrorisse verursachen, die durch Optimierung der Kühlkurve gemildert werden müssen.

Werkzeugkosten: Die Herstellungskosten für hochpräzise Formen sind hoch, und es ist notwendig, Kosten und Leistung in Einklang zu bringen.

3.5 Bearbeitung und Veredelung von Wolframtiegel

Die Bearbeitung und Endbearbeitung von Wolframtiegeln ist ein entscheidender Schritt, um ihre geometrische Genauigkeit, Oberflächenqualität und Leistung nach dem Sintern zu gewährleisten. Aufgrund der hohen Härte der Wolframlegierung (ca. 7,5 auf der Mohs-Skala), der hohen Dichte und Sprödigkeit bei Raumtemperatur erfordert der Bearbeitungsprozess hochpräzise Geräte, fortschrittliche Werkzeuge und eine strenge Prozesskontrolle. In diesem Kapitel werden die Technologien Drehen, Fräsen, Bohren, Erodieren, Laserschneiden, Präzisionsschleifen, Polieren und Oberflächenbeschichtung in Kombination mit der praktischen Erfahrung und den neuesten Forschungsfortschritten globaler Unternehmen für Wolframprodukte umfassend erörtert und die Prinzipien, Ausrüstung, Parameter, Vorteile und Herausforderungen jedes Prozesses eingehend analysiert.

3.5.1 Drehen, Fräsen und Bohren

Verfahrensprinzip

Drehen, Fräsen und Bohren sind die grundlegenden Verfahren der Wolframtiegelbearbeitung und werden verwendet, um die Form, den Hohlraum und die Funktionslöcher des Tiegels zu formen:

Drehen: Schneiden von Materialien durch Drehen des Werkstücks und stationärer Werkzeuge, hauptsächlich für die Außen- und Innenwände von zylindrischen Tiegeln, zur Sicherstellung von Rundheit und Rundlauf.

Fräsen: Schneiden von Materialien durch rotierende Werkzeuge und bewegte Werkstücke, geeignet für die Bearbeitung komplexer Geometrien, wie z. B. Stufen oder Nuten von Tiegeln.

Bohren: Die Bearbeitung von Funktionsbohrungen (z.B. Entlüftungslöcher oder Befestigungslöcher) im Tiegel durch Drehen des Bohrers gewährleistet die Genauigkeit des Bohrungsdurchmessers und die Lagetoleranzen.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Anforderungen an die Ausrüstung:

Wolframtiegel werden in der Regel mit hochpräzisen CNC-Maschinen (CNCs) bearbeitet, die mit den folgenden Geräten ausgestattet sind:

Werkzeugmaschine: 5-Achsen-CNC-Drehmaschine oder Bearbeitungszentrum mit hoher Steifigkeit und Vibrationsunterdrückung.

Werkzeuge: Diamant- (PKD) oder kubisches Bornitrid (CBN) Werkzeuge mit einer Härte über Wolfram (HV>2000).

Kühlsystem: Hochdruck-Kühlmitteleinspritzsystem auf Öl- oder Wasserbasis mit einem Druck von 10 bis 20 MPa, um eine Überhitzung des Werkzeugs zu verhindern.

Staubentfernungssystem: Der hocheffiziente Impulsstaubabscheider sammelt Wolframstaub (Partikelgröße <10 µm), um eine sichere Betriebsumgebung zu gewährleisten.

Prozessparameter

Schnittgeschwindigkeit: 10 bis 50 m/min, zu hoch kann Werkzeugverschleiß verursachen, zu niedrig verringert die Effizienz.

Vorschübe: 0,02 bis 0,2 mm/U, optimiert für die Wandstärke des Tiegels und die Werkzeugleistung.

Schnitttiefe: 0,1 bis 0,5 mm, beim Tiefschneiden kann es zu Mikrorissen kommen.

Kühlmittelfluss: 10 bis 30 l/min, um sicherzustellen, dass die Temperatur der Schnittzone unter 200 °C liegt.

Technologische Vorteile

Hohe Präzision: CNC-Werkzeugmaschinen können Maßtoleranzen von ± 0,02 mm erreichen, was für Halbleiter- und Luft- und Raumfahrtanwendungen geeignet ist.

Flexibilität: Mit Fräsen und Bohren können komplexe Formen bearbeitet und an kundenspezifische Anforderungen angepasst werden.

Oberflächenqualität: Die Oberflächenrauheit (Ra) kann durch Optimierung der Parameter von 0,8 bis 1,6 µm gesteuert werden.

Technische Herausforderungen

Werkzeugverschleiß: Die hohe Härte von Wolfram führt zu kurzen Standzeiten und erfordert einen häufigen Austausch von Diamant- oder CBN-Werkzeugen.

Mikrorisse: Mikrorisse können durch mechanische Beanspruchung während des Schneidprozesses verursacht werden und können durch Oberflächen- oder innere Mikrorisse verursacht werden, die durch zerstörungsfreie Prüfungen (Ultraschall oder Röntgen) untersucht werden müssen.

Staubmanagement: Wolframstaub stellt ein potenzielles Gesundheitsrisiko dar und erfordert die strikte Einhaltung von Arbeitsschutznormen (z. B. OSHA).

3.5.2 Erodieren und Laserschneiden

Funkenerosion (EDM)

Das Erodieren trägt Material durch Lichtbogenbildung von der Oberfläche des Werkstücks ab und eignet sich für die Bearbeitung von Wolframtiegeln mit hoher Härte oder komplexen Formen. Das Erodieren wird in zwei Formen unterteilt: Drahterodieren und Gesenkerodieren:

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Drahterodieren: Verwendet einen dünnen Metalledraht (z. B. Molybdändraht) als Elektrode, um komplexe Konturen zu schneiden.

Das EDM: Bearbeitung von inneren Hohlräumen oder Nuten mit vorgefertigten Elektroden wie Kupfer oder Graphit.

Prozessparameter

Entladestrom: 5 bis 50 A, was sich auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit und die Oberflächenqualität auswirkt.

Pulsbreite: 10 bis 100 μ s, kurze Pulse zum Schlichten und lange Pulse zum Schruppen.

Elektrodenmaterial: Kupfer oder Graphit, je nach gewählter Verarbeitungsgenauigkeit.

Arbeitsmedium: entionisiertes Medium auf Wasser- oder Ölbasis, das eine hohe Isolierung aufrechterhalten muss.

Technologische Vorteile

Keine mechanische Beanspruchung: Die berührungslose Bearbeitung vermeidet Schnittspannungen und reduziert Mikrorisse.

Komplexe Formen: Es können speziell geformte Tiegel oder kleine Merkmale (z.B. 0,1 mm Lochdurchmesser) bearbeitet werden.

Hohe Anpassungsfähigkeit an die Härte: Geeignet für Wolframmaterialien mit sehr hoher Härte.

Technische Herausforderungen

Langsame Bearbeitungsgeschwindigkeiten: Das Erodieren hat im Vergleich zur Zerspaltung eine geringere Abtragsleistung (0,1 bis 10 mm^3/min).

Oberflächenfehler: Der Ausfluss kann zu Oberflächenverbrennungen oder Mikroporen führen, die eine anschließende Politur erfordern.

Elektrodenverschleiß: Der Verlust von Elektrodenmaterial erhöht die Prozesskosten.

Laserschneiden

Beim Laserschneiden wird ein hochenergetischer Laserstrahl (Faserlaser oder CO₂-Laser) zum Schmelzen oder Verdampfen von Wolframmaterialien verwendet und eignet sich für die hochpräzise und dünnwandige Tiegelparbeitung.

Prozessparameter

Laserleistung: 2 bis 10 kW, abhängig von der Wandstärke.

Schnittgeschwindigkeit: 0,5 bis 5 m/min, für dünnwandige Tiegel sind höhere Drehzahlen verfügbar.

Fokusposition: 0,1 bis 0,5 mm unter der Oberfläche des Materials, um die Qualität des Schnitts zu gewährleisten.

Hilfsgas: Stickstoff oder Argon mit einem Druck von 5 bis 15 bar, um Oxidation zu verhindern.

Technologische Vorteile

Hohe Präzision: 0,1 mm < Schnitt, Toleranz $\pm 0,02$ mm.

Kleine Wärmeeinflusszone: Der Laser fokussiert auf die Energiekonzentration und die Tiefe der

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Wärmeeinflusszone < 0,05 mm.

Effizient: Geeignet für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von dünnwandigen Tiegeln (Wandstärke < 3 mm).

Technische Herausforderungen

Thermische Belastung: Durch schnelles Erhitzen können Mikrorisse entstehen, und die Laserpulsp Parameter müssen optimiert werden.

Gerätekosten: Hohe Investitionen in Hochleistungslasergeräte und komplexe Wartung.

Oberflächenqualität: Geschnittene Oberflächen müssen möglicherweise nachbearbeitet werden, um die Rauheit zu reduzieren.

3.5.3 Präzisionsschleifen und Polieren

Verfahrensprinzip

Präzisionsschleifen und -polieren werden eingesetzt, um die Oberflächenqualität von Wolframtiegeln zu verbessern und die Oberflächenrauheit (Ra) zu reduzieren, um die anspruchsvollen Anforderungen des Halbleiter-, optischen und Hochtemperaturschmelzens zu erfüllen:

Schleifen: Abtragen von Oberflächenmaterial mittels einer Diamantschleifscheibe, wodurch die geometrische Genauigkeit und Oberflächenebenheit verbessert werden.

Polieren: Chemisch-mechanisches Polieren (CMP), elektrolytisches Polieren oder Ultraschallpolieren wird eingesetzt, um die Rauheit weiter zu reduzieren und das Finish zu verbessern.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Schleifmaschinen: hochpräzise Flachsleifmaschinen oder Rundschleifmaschinen mit Spindeldrehzahlen von 5.000 bis 10.000 U/min.

Schleifscheibe: Diamantschleifscheibe, Körnung 400 bis 2000 mesh, muss regelmäßig getrimmt werden.

Polierausrüstung: Die CMP-Maschine ist mit einem hochpräzisen Polierkopf ausgestattet, und die Ultraschallpoliermaschine muss hochfrequente Vibrationen (20 bis 40 kHz) unterstützen.

Prüfmittel: Oberflächenrauheitsmessgerät (z. B. Talysurf) mit einer Auflösung von 0,01 µm.

Prozessparameter

Reibend:

Schleifscheibengröße: 400 bis 2000 Mesh, 400 bis 800 Mesh für den Grobschliff, 1200 bis 2000 Mesh für den Feinschliff.

Vorschub: 0,005 bis 0,05 mm/min, um sicherzustellen, dass keine Kratzer auf der Oberfläche entstehen.

Kühlmittel: auf Wasserbasis oder auf Ölbasis, Durchflussmenge 15 bis 30 L/min.

Poliert:

CMP-Slurry: Aluminiumoxid (Al₂O₃) oder Siliziumdioxid (SiO₂), Partikelgröße 0,05 bis 0,5 µm.

Polierdruck: 0,1 bis 0,5 MPa, zu hoch kann zu Oberflächenschäden führen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Polierzeit: 1 bis 4 Stunden, je nach Rauheitsziel.

Technologische Vorteile

Extrem niedrige Rauheit: Ra kann nach dem Polieren 0,05 bis 0,1 μm erreichen, was den Anforderungen des Wachstums von Saphirkristallen entspricht.

Korrosionsbeständigkeit: Die glatte Oberfläche reduziert die chemische Reaktivität und verlängert die Lebensdauer des Tiegels.

Antifouling: Die Oberfläche mit geringer Rauheit reduziert die Adsorption von Verunreinigungen und eignet sich daher für hochreine Anwendungen.

Technische Herausforderungen

Geringer Wirkungsgrad: Die hohe Härte von Wolfram führt zu langsamen Schleif- und Poliergeschwindigkeiten und langen Bearbeitungszeiten.

Mikrokratzer: Während des Polierprozesses können Mikrokratzer entstehen, die durch mehrstufiges Polieren beseitigt werden müssen.

Hohe Kosten: Diamantschleifscheiben und CMP-Schlämme sind kostspielig, und der Prozess muss optimiert werden, um den Verbrauch zu senken.

3.5.4 Oberflächenbeschichtungen (Antioxidationsbeschichtungen, verschleißfeste Beschichtungen)

Verfahrensprinzip

Bei der Oberflächenbeschichtung handelt es sich um die Abscheidung von antioxidativen, abriebfesten oder korrosionsbeständigen Beschichtungen auf der Oberfläche des Wolframtiegels durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD), chemische Gasphasenabscheidung (CVD), Plasmaspritzen oder Lichtbogenionenbeschichtungstechnologie, wodurch die Lebensdauer deutlich verlängert wird. Zu den gängigen Beschichtungsmaterialien gehören:

Anti-Oxidations-Beschichtungen: Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zirkonoxid (ZrO_2), Molybdänsilizid (MoSi_2).

Verschleißfeste Beschichtungen: Wolframkarbid (WC), Titanitrid (TiN), Chromnitrid (CrN).

Korrosionsbeständige Beschichtungen: Siliziumkarbid (SiC), Wolframborid (WB).

Anforderungen an die Ausrüstung:

PVD/CVD-Ausrüstung: Vakuum-Beschichtungsöfen mit Elektronenstrahlverdampfung oder Magnetron-Sputtersystem.

Plasmaspritzgeräte: Leistung der Plasmapistole 50 bis 100 kW, Sprühabstand 100 bis 200 mm.

Prüfmittel: Schichtdickenmessgerät (Auflösung 0,1 μm), Kratzprüfgerät (Haftfestigkeitstest).

Prozessparameter

PVD:

Abscheidungstemperatur: 400 $^{\circ}\text{C}$ bis 800 $^{\circ}\text{C}$, um Veränderungen der Wolframmatrizeigenschaften zu vermeiden.

Schichtdicke: 2 bis 10 μm , je nach dem Verhältnis von Leistung und Kosten.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Vakuum: 10^{-2} bis 10^{-4} Pa, um die Abscheidungsqualität zu gewährleisten.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen:

Abscheidungstemperatur: 800°C bis 1200°C, thermische Belastung geregelt.

Gasvorläufer: z.B. SiH₄ (für SiC-Beschichtungen) oder CH₄ (für WC-Beschichtungen).

Schichtdicke: 5 bis 20 µm, geeignet für Hochtemperaturumgebungen.

Plasmaspritzen:

Sprühleistung: 40 bis 80 kW, beeinflusst die Dichte der Beschichtung.

Sprühabstand: 100 bis 150 mm für optimale Haftung.

Schichtdicke: 20 bis 100 µm, geeignet für verschleißfeste Anwendungen.

Technologische Vorteile

Oxidationsbeständigkeit: Al₂O₃- oder MoSi₂-Beschichtungen können die Lebensdauer von Wolframtiegeln in einer oxidierenden Umgebung bei 1500 °C um den Faktor 2 bis 5 verlängern.

Abriebfestigkeit: WC- oder TiN-Beschichtungen erhöhen die Oberflächenhärte (HV>2500) deutlich und reduzieren den Verschleiß.

Korrosionsbeständigkeit: Die SiC-Beschichtung widersteht effektiv der Korrosion von Säuren und geschmolzenem Metall und ist daher für die chemische Industrie geeignet.

Technische Herausforderungen

Haftung der Beschichtung: Der Unterschied im Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen der Beschichtung und der Wolframmatrix kann zu Abplatzungen führen, und das Schnittstellendesign muss optimiert werden.

Hohe Temperaturstabilität: Einige Beschichtungen (z.B. TiN) können sich bei > 1000°C zersetzen, daher ist es notwendig, ein geeignetes Material auszuwählen.

Hohe Kosten: In CVD- und PVD-Anlagen wird viel investiert, und der Beschichtungsprozess muss ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Wirtschaftlichkeit herstellen.

3.6 Technologie zur Nachbehandlung von Wolframtiegeln

Nachdem der Wolframtiegel gesintert und bearbeitet wurde, ist die Nachbehandlungstechnologie ein entscheidender Schritt, um seine Leistung, Oberflächenqualität und Lebensdauer zu gewährleisten. Aufgrund der hohen Härte, des hohen Schmelzpunkts und der chemischen Inertheit von Wolfram muss der Nachbehandlungsprozess unter genau kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden, um die mechanischen Eigenschaften, die chemische Stabilität und die hohe Temperaturanpassungsfähigkeit des Tiegels zu optimieren. In diesem Kapitel werden die Nachbehandlungstechnologien von Wolframtiegeln wie Wärmebehandlung, Glühen, Oberflächenverstärkung, Reinigung und Dekontamination, Spannungsabbau usw. eingehend erörtert und die Prinzipien, Ausrüstung, Parameter, Vorteile und Herausforderungen jedes Prozesses basierend auf den praktischen Erfahrungen globaler Unternehmen für Wolframprodukte und den von Chinatungsten Online bereitgestellten Brancheninformationen umfassend analysiert.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

3.6.1 Wärmebehandlungs- und Glühprozess

Verfahrensprinzip

Der Wärmebehandlungs- und Glühprozess optimiert das Gefüge, eliminiert Eigenspannungen und verbessert die mechanischen Eigenschaften von Wolframtiegeln, indem er bei bestimmten Temperaturen und Atmosphären erhitzt und abgekühlt wird. Die Wärmebehandlung wird hauptsächlich zur Anpassung der Korngröße und der Phasenstruktur eingesetzt, während sich das Glühen auf die Beseitigung der während der Verarbeitung eingebrachten inneren Spannungen und die Verbesserung der Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit des Tiegels konzentriert.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Die Wärmebehandlung und das Glühen werden in der Regel in Hochtemperatur-Vakuumöfen oder Atmosphärenschutzöfen durchgeführt, und die Ausrüstung muss die folgenden Eigenschaften aufweisen:

Heizsystem: Molybdän- oder Graphit-Heizelement, beständig gegen hohe Temperaturen über 2000°C.

Temperaturregelung: Infrarot-Thermometer oder Thermoelement mit einer Genauigkeit von $\pm 3^\circ\text{C}$, um eine gleichmäßige Erwärmung zu gewährleisten.

Atmosphärenkontrolle: Vakuum (unter 10^{-3} Pa) oder Inertgas (z. B. Argon, Helium, Reinheit $\geq 99,999\%$), um Oxidation zu verhindern.

Kühlsystem: Ausgestattet mit einem Gas- oder Wasserkühlsystem zur Steuerung der Kühlrate zur Vermeidung thermischer Belastungen.

Prozessparameter

Temperatur der Wärmebehandlung: typischerweise zwischen 1200 °C und 1800 °C, abhängig von der Anwendung des Tiegels. Tiegel für Halbleiter erfordern niedrigere Temperaturen (1200 °C bis 1400 °C), um feine Körner zu erhalten. Metallurgische Tiegel können bei höheren Temperaturen (1600 °C bis 1800 °C) verwendet werden, um die Festigkeit zu erhöhen.

Haltezeit: 1 bis 6 Stunden, 1 bis 2 Stunden für dünnwandige Tiegel (Wandstärke < 5 mm) und 4 bis 6 Stunden für dickwandige Tiegel (Wandstärke > 10 mm).

Atmosphäre: Vakuum- oder Argonatmosphäre, Sauerstoffgehalt < 5 ppm, verhindert die Oxidation der Oberfläche.

Abkühlgeschwindigkeit: 2 °C/min bis 10 °C/min, segmentierte Kühlung zur Reduzierung von Eigenspannungen.

Anzahl der Zyklen: Einige Prozesse erfordern mehrere Wärmebehandlungen (z. B. 2 bis 3 Mal), um die Mikrostruktur zu optimieren.

Spannungsabbau: Durch Glühen kann die Verarbeitungsspannung um mehr als 80 % reduziert werden, wodurch die Rissausbreitungsbeständigkeit des Tiegels deutlich verbessert wird.

Kornoptimierung: Durch die Wärmebehandlung kann die Korngröße von 10 bis 50 μm gesteuert werden, wodurch Festigkeit und Zähigkeit in Einklang gebracht werden.

Stabile Leistung: Verbessern Sie die strukturelle Stabilität des Tiegels bei hohen Temperaturzyklen und verlängern Sie die Lebensdauer.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Hohe Temperaturanpassungsfähigkeit: Nach Optimierung des Gefüges kann die Temperaturwechselbeständigkeit des Tiegels um 20 bis 30 Prozent erhöht werden.

Technische Herausforderungen

Gleichmäßigkeit der Temperatur: Große Tiegel (> einem Durchmesser von 300 mm) sind bei hohen Temperaturen anfällig für Temperaturgradienten, was zu einer ungleichmäßigen Leistung führt.

Oxidationsrisiko: Eine unsachgemäße Atmosphärenkontrolle kann zur Oberflächenoxidation führen, die einen hochreinen Gasgehalt und eine dichte Abdichtung erfordert.

Hoher Energieverbrauch: Hohe Temperaturen und eine langfristige Verarbeitung erhöhen den Energieverbrauch, und der Prozess muss optimiert werden, um die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

Maßabweichungen: Bei der Wärmebehandlung können kleine Maßabweichungen entstehen, die durch die Werkzeugkonstruktion vorkompensiert werden müssen.

3.6.2 Oberflächenverstärkung (Aufkohlen, Nitrieren, Ionenimplantation)

Verfahrensprinzip

Die Oberflächenverstärkung verbessert die Leistung von Wolframtiegeln in rauen Umgebungen, indem Kohlenstoff, Stickstoff oder andere Elemente in die Oberfläche eingebracht werden, um eine Schicht aus Verbindungen zu bilden, die sehr hart, verschleißfest oder korrosionsbeständig sind. Zu den gängigen Techniken zur Oberflächenverfestigung gehören:

Aufkohlen: Kohlenstoffatome werden bei hohen Temperaturen in die Oberfläche von Wolfram infiltriert, um eine Wolframcarbid (WC)-Schicht zu bilden.

Nitrieren: Wolframnitrid (WN) oder Nitrid-Verbundschicht wird durch Behandlung mit Stickstoffatmosphäre gebildet.

Ionenimplantation: Kohlenstoff-, Stickstoff- oder metallische Elemente (z. B. Chrom, Titan) werden mit hochenergetischen Ionenstrahlen in eine Oberfläche implantiert, um die Härte und chemische Stabilität zu verbessern.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Aufkohlungsanlage: Vakuumaufkohlungs- oder Gasaufkohlungs-Ofen, der mit einem Versorgungssystem für Kohlenstoffquellen (z. B. Methan, Acetylen) ausgestattet ist.

Nitrieranausrüstung: Plasmanitrier-Ofen oder Gasnitrier-Ofen zur Unterstützung der Stickstoff- oder Ammoniakatmosphäre.

Ionenimplantationsgeräte: Hochvakuum-Ionenimplantationsmaschine, die mit einer Ionenquelle (z. B. Kohlenstoff, Stickstoff, Titan) und einem Beschleuniger ausgestattet ist.

Prüfgeräte: Röntgendiffraktometer (XRD) zur Analyse der Struktur der Verbindungsschicht, Nanohärteprüfgerät zur Prüfung der Oberflächenhärte.

Prozessparameter

Aufkohlen:

Temperatur: 1000°C bis 1400°C, um grobe Körner durch zu hohe Temperaturen zu vermeiden.

Kohlenstoffquelle: Methan (CH₄) oder Acetylen (C₂H₂) mit einer Durchflussmenge von 0,2 bis 1 l/min.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Verarbeitungszeit: 2 bis 8 Stunden, Schichtdicke kontrolliert bei 5 bis 20 μm .

Atmosphäre: Vakuum oder Niederdruck (10^{-1} Pa), um Oxidation zu verhindern.

Nitrieren:

Temperatur: 800 °C bis 1200 °C, Ausgleich der Dicke der Nitridschicht und der Substratleistung.

Stickstoffquelle: Stickstoff (N_2) oder Ammoniak (NH_3), Reinheit $\geq 99,999\%$.

Verarbeitungszeit: 4 bis 12 Stunden, Schichtdicke 10 bis 30 μm .

Plasmaspannung: 500 bis 1000 V (Plasmanitrieren).

Ionenimplantation:

Ionenenergie: 50 bis 200 keV, kontrollierte Implantationstiefe (0,1 bis 1 μm).

Ionendosis: 10^{16} bis 10^{18} Ionen/ cm^2 für optimale Oberflächeneigenschaften.

Vakuum: 10^{-4} Pa oder weniger, um die Reinheit des Ionenstrahls zu gewährleisten.

Technologische Vorteile

Hohe Härte: Die Härte der durch Aufkohlen gebildeten WC-Schicht kann HV 2500 und die Härte der Nitrierschicht HV 2000 erreichen.

Abriebfestigkeit: Die Oberflächenverstärkungsschicht reduziert den Verschleiß bei hohen Temperaturen erheblich und verlängert die Lebensdauer des Tiegels um das 2- bis 3-fache.

Korrosionsbeständigkeit: Die Nitridschicht und die Ionenimplantationsschicht sind wirksam beständig gegen Säure-Base- und Schmelzkorrosion.

Verbesserung der Mikrostruktur: Durch die Ionenimplantation kann eine amorphe Oberflächenschicht gebildet und die Ermüdungsbeständigkeit verbessert werden.

Technische Herausforderungen

Gleichmäßigkeit der Schichtdicke: Die komplexe Geometrie großer Tiegel kann zu ungleichmäßigen Verstärkungsschichtdicken führen.

Thermische Belastung: Das Aufkohlen oder Nitrieren bei hohen Temperaturen kann zu Grenzflächenspannungen zwischen der Matrix und der Verstärkungsschicht führen, und der Prozess muss optimiert werden.

Gerätekosten: Ionenimplantationsgeräte sind mit einer hohen Investition verbunden und eignen sich für High-End-Anwendungen.

Prozesskomplexität: Der mehrstufige Intensivierungsprozess erfordert eine strenge Kontrolle der Parameter, was die Schwierigkeit der Produktion erhöht.

3.6.3 Reinigungs- und Dekontaminationsprozesse

Verfahrensprinzip

Der Reinigungs- und Dekontaminationsprozess entfernt Oxide, Öle, Metallrückstände und partikelförmige Verunreinigungen von der Oberfläche von Wolframtiegeln durch physikalische, chemische oder Ultraschallverfahren, um eine hohe Reinheit und Antifouling-Eigenschaften zu gewährleisten. Der Reinigungsprozess ist besonders wichtig für Halbleiter-, Photovoltaik- und wissenschaftliche Forschungstiegel, bei denen Spuren von Verunreinigungen die Qualität des

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Endprodukts beeinträchtigen können.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Reinigungsgeräte: Ultraschallreiniger (Frequenz 20 bis 80 kHz) mit Mehrtank-Reinigungssystem.

Chemische Reinigungsgeräte: Säure- und Alkali-Reinigungstank, ausgestattet mit Rühr- und Heizfunktionen.

Trocknungsausrüstung: Vakuumtrockenschrank oder Infrarottrockner, um sicherzustellen, dass keine Wasserflecken vorhanden sind.

Prüfgeräte: Laser-Partikelgrößenanalysator (Detektion von Oberflächenpartikeln), Röntgenfluoreszenzspektrometer (RFA, Analyse von Restelementen).

Prozessparameter

Ultraschall-Reinigung:

Frequenz: 40 kHz (normale Reinigung) oder 80 kHz (Präzisionsreinigung).

Reinigungslösung: entionisiertes Wasser (spezifischer Widerstand > 18 MΩ·cm) oder neutrales Reinigungsmittel.

Temperatur: 40 °C bis 60 °C, um Oberflächenschäden durch hohe Temperaturen zu vermeiden.

Zeit: 5 bis 20 Minuten, je nach Verschmutzungsgrad.

Chemische Reinigung:

Beizen: Salpetersäure (HNO₃, 5 % bis 10 %) oder Salzsäure (HCl, 5 %) verdünnen, um Oxide und Metallrückstände zu entfernen.

Ätzende Wäsche: Natriumhydroxid (NaOH, 2 % bis 5 %) zur Entfernung organischer Verunreinigungen.

Zeit: 2 bis 10 Minuten, streng kontrolliert, um Korrosion zu vermeiden.

Trocknen:

Temperatur: 80°C bis 120°C, Vakuum oder Inertgasatmosphäre.

Zeit: 10 bis 30 Minuten, um sicherzustellen, dass keine Wasserflecken oder Sekundärverschmutzungen entstehen.

Technologische Vorteile

Hohe Reinheit: Oberflächenverunreinigungen können nach der Reinigung auf weniger als 10 ppb reduziert werden, was den Anforderungen der Halbleiterindustrie entspricht.

Anti-Pollution: Die glatte, schadstofffreie Oberfläche reduziert die Adsorption von Verunreinigungen und verlängert die Lebensdauer des Tiegels.

Konsistenz: Ein standardisierter Reinigungsprozess sorgt für eine gleichbleibende Oberflächenqualität von Charge zu Charge.

Umweltschutz: Bei modernen Reinigungsverfahren werden schadstoffarme Reinigungsmittel verwendet, um die Umweltbelastung zu reduzieren.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Partikelentfernung: Partikel im Submikrometerbereich ($<0,1 \mu\text{m}$) lassen sich nur schwer vollständig entfernen und erfordern eine mehrstufige Reinigung.

Chemische Korrosion: Die Reinigung mit Säuren und Laugen kann die Oberfläche beschädigen, und die Konzentration und der Zeitpunkt müssen genau gesteuert werden.

Trocknungskontrolle: Unsachgemäßes Trocknen kann zu Wasserflecken oder Sekundärverschmutzung führen, und eine hochreine Umgebung ist erforderlich.

Hohe Kosten: Die Investitionen in Ultraschall- und chemische Reinigungsgeräte sind hoch, und die Betriebskosten müssen optimiert werden.

3.6.4 Spannungsabbau und Strukturoptimierung

Verfahrensprinzip

Spannungsabbau & Strukturoptimierung Reduziert die Eigenspannung im Inneren und auf der Oberfläche des Wolframtiegels durch Wärmebehandlung, mechanische Vibration oder Laserbehandlung und optimiert dessen strukturelle Stabilität. Die Spannungen, die während der Verarbeitung und des Sinterns eingebracht werden, können dazu führen, dass der Tiegel bei hohen Temperaturzyklen reißt oder sich verformt, und der Spannungsabbauprozess ist der Schlüssel zur Verlängerung der Lebensdauer.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Wärmebehandlungsofen: Vakuum- oder Schutzgasofen, Genauigkeit der Temperaturregelung $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vibrierende Ausrüstung: mechanischer Shaker mit einer Frequenz von 10 bis 100 Hz und einer Amplitude von 0,1 bis 1 mm.

Lasermaschinen: gepulste Laser mit einer Leistung von 1 bis 5 kW zur lokalen Zugentlastung.

Prüfmittel: Röntgenspannungsanalysator zur Messung von Eigenspannungen (Genauigkeit $\pm 5 \text{ MPa}$).

Prozessparameter

Thermischer Spannungsabbau:

Temperatur: $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $1400 \text{ }^\circ\text{C}$, unterhalb der Rekristallisationstemperatur, um Getreidewachstum zu vermeiden.

Haltezeit: 1 bis 4 Stunden, abhängig von der Größe des Tiegels.

Atmosphäre: Argon oder Vakuum, Sauerstoffgehalt $< 5 \text{ ppm}$.

Abkühlgeschwindigkeit: $1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ bis $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$, segmentierte Kühlung.

Abbau von Vibrationsbelastungen:

Frequenz: 20 bis 80 Hz für optimierte Effizienz der Zugentlastung.

Amplitude: 0,2 bis 0,8 mm, um Oberflächenbeschädigungen zu vermeiden.

Zeit: 30 bis 120 Minuten, je nach Belastungsverteilung.

Laser-Stressabbau:

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Laserleistung: 1 bis 3 kW, Pulsbreite 10 bis 100 ns.
Scangeschwindigkeit: 0,5 bis 2 m/min, kontrollierter Wärmeeintrag.
Fokussdurchmesser: 0,1 bis 0,5 mm, topisch.

Technologische Vorteile

Geringe Spannung: Die Eigenspannung kann auf weniger als 5 MPa reduziert werden, um die Rissbeständigkeit zu verbessern.

Strukturelle Stabilität: Nach der Optimierung wird die Verformungsrate des Tiegels bei hohen Temperaturwechseln um 50 % reduziert.

Flexibilität: Vibrations- und Laserbehandlungen können gezielt in lokalisierten Bereichen mit hoher Beanspruchung durchgeführt werden, die für komplexe Formen geeignet sind.

Nicht schädigend: Durch den zerstörungsfreien Prozess wird die Mikrostruktur des Tiegels nicht beeinflusst.

Technische Herausforderungen

Komplexe Spannungsverteilung: Die Spannungsverteilung von großen Tiegeln ist ungleichmäßig, und es müssen mehrere Methoden kombiniert werden.

Genauigkeit der Ausrüstung: Laser- und Vibrationsgeräte müssen mit hoher Präzision gesteuert werden, um Sekundärbelastungen zu vermeiden.

Energieverbrauch und Kosten: Die Wärmebehandlung verbraucht viel Energie und muss optimiert werden, um die Kosten zu senken.

Schwierigkeit: Die genaue Messung von Eigenspannungen erfordert teure Geräte und Technologien.

3.7 Qualitätskontrolle und Prüfung von Wolframtiegel

Qualitätskontrolle und -prüfung sind das zentrale Glied bei der Herstellung von Wolframtiegeln, um sicherzustellen, dass ihre Maßgenauigkeit, Materialeigenschaften und Zuverlässigkeit den Industriestandards entsprechen. Die hochwertigen und anspruchsvollen Anwendungsszenarien von Wolframtiegeln (z. B. Halbleiter, Luft- und Raumfahrt) erfordern strenge Qualitätsmanagementsysteme. In diesem Abschnitt werden die Prüfung von Maß- und geometrischen Toleranzen, die zerstörungsfreie Prüfung, die chemische Zusammensetzung und die Mikrostrukturanalyse, die Leistungsprüfung bei hohen Temperaturen sowie die Qualitätszertifizierung und Rückverfolgbarkeit ausführlich behandelt.

3.7.1 Prüfung der maßlichen und geometrischen Toleranz

Verfahrensprinzip

Bei der Maß- und geometrischen Toleranzprüfung werden die geometrischen Abmessungen (Durchmesser, Wandstärke, Höhe) und geometrischen Toleranzen (Rundheit, Parallelität, Rundlauf) des Wolframtiegels mit Hilfe von Präzisionsmessgeräten überprüft, um sicherzustellen, dass er den konstruktiven Anforderungen entspricht. Die Testergebnisse wirken sich direkt auf die Einbau- und Gebrauchsleistung des Tiegels aus.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Anforderungen an die Ausrüstung:

Koordinatenmessgerät (KMG): Genauigkeit $\pm 0,001$ mm, geeignet für komplexe Geometriemessungen.

Laser-Entfernungsmesser: Auflösung 0,01 mm, für eine schnelle Maßprüfung.

Profilometer: Messen Sie Rundheit und Oberflächenprofil mit einer Genauigkeit von $\pm 0,005$ mm.

Höhenmessgerät und Messschieber: für eine einfache Maßprüfung mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm.

Nachweis-Parameter

Maßtoleranzen: Durchmesser- und Höhentoleranzen $\pm 0,05$ mm, Wanddickentoleranzen $\pm 0,02$ mm (Tiegel für Halbleiter).

Geometrische Toleranzen:

Rundheit: $\leq 0,02$ mm.

Parallelität: $\leq 0,01$ mm.

Rundlauf: $\leq 0,015$ mm.

Messhäufigkeit: 10 % bis 20 % Probenahme jeder Charge, vollständige Inspektion der wichtigsten Anwendungen.

Umgebungsanforderungen: Temperatur $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, Luftfeuchtigkeit $< 60\%$, um den Einfluss der Wärmeausdehnung zu vermeiden.

Technologische Vorteile

Hohe Präzision: KMG und Laserausrüstung stellen sicher, dass der Messfehler $< 0,01$ mm beträgt.

Effizienz: Das automatisierte Messsystem kann große Mengen an Tiegeln verarbeiten.

Konsistenz: Der standardisierte Inspektionsprozess stellt die geometrische Genauigkeit jedes Tiegels sicher.

Technische Herausforderungen

Komplexe Formen: Die Messung von speziell geformten Tiegeln erfordert ein mehrachsiges KMG, und die Gerätekosten sind hoch.

Oberflächeneffekte: Oberflächen mit hohem Finish können Messreflexionsfehler verursachen und erfordern eine Kalibrierung.

Großformatige Inspektion: Tiegel mit einem Durchmesser von > 500 mm erfordern eine spezielle Ausrüstung, was die Kosten erhöht.

3.7.2 Zerstörungsfreie Prüfung (Ultraschall, Röntgen, CT)

Verfahrensprinzip

Bei der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) werden Ultraschall-, Röntgen- oder CT-Scans verwendet, um Defekte (z. B. Porosität, Risse, Einschlüsse) im Inneren von Wolframtiegeln zu erkennen, ohne deren Struktur zu beschädigen. Die zerstörungsfreie Prüfung ist ein entscheidender Schritt, um die Zuverlässigkeit des Tiegels zu gewährleisten.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Anforderungen an die Ausrüstung:

Ultraschalldetektor: Frequenz 1 bis 10 MHz, Sondendurchmesser 5 bis 10 mm.

Röntgeninspektionsgeräte: Energie 100 bis 300 kV, geeignet für dickwandige Tiegel.

CT-Scanner: 0,01 mm Auflösung für die 3D-Fehleranalyse.

Kalibrierprobe: Wolframprobe mit bekannten Defekten für die Gerätekalibrierung.

Nachweis-Parameter

Ultraschall:

Frequenz: 5 MHz (konventionelle Detektion), 10 MHz (hochpräzise Detektion).

Koppelmedium: Wasser oder Gel, um die Übertragung von Schallwellen zu gewährleisten.

Fehlerrauflösung: $\geq 0,1$ mm.

Röntgen:

Belichtungszeit: 10 bis 60 Sekunden, je nach Wandstärke.

Energie: 150 kV (Wandstärke < 10 mm), 250 kV (Wandstärke > 10 mm).

Fehlerrauflösung: $\geq 0,2$ mm.

CT-Scan:

Dicke der Scanschicht: 0,05 bis 0,2 mm.

Wiederaufbauzeit: 5 bis 20 Minuten, abhängig von der Größe des Tiegels.

Fehlerrauflösung: $\geq 0,05$ mm.

Technologische Vorteile

Hohe Empfindlichkeit: CT-Scans können kleine Defekte bis zu einer Größe von 0,05 mm erkennen.

Umfassend: Röntgen und CT sorgen für eine dreidimensionale Defektverteilung, Ultraschall eignet sich für ein schnelles Screening.

Keine Beschädigung: Beeinträchtigt nicht die Leistung und Lebensdauer des Tiegels.

Technische Herausforderungen

Interferenz mit hoher Dichte: Die hohe Dichte von Wolfram ($19,25 \text{ g/cm}^3$) schwächt die Durchdringung von Röntgenstrahlen und erfordert hochenergetische Geräte.

Komplexe Geometrie: Die Detektion von speziell geformten Tiegeln erfordert eine Mehrwinkelabtastung, was die Schwierigkeit erhöht.

Hohe Kosten: Die CT-Scannergeräte und die Betriebskosten sind hoch, so dass sie für High-End-Anwendungen geeignet sind.

3.7.3 Chemische Zusammensetzung und Gefügeanalyse

Verfahrensprinzip

Analyse der chemischen Zusammensetzung und des GefügesDie Materialreinheit und die Gefügeeigenschaften (wie Korngröße und Phasenverteilung) des Wolframtiegels werden durch spektroskopische Analyse und mikroskopische Beobachtung überprüft, um sicherzustellen, dass sie den Anwendungsanforderungen entsprechen.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Anforderungen an die Ausrüstung:

Röntgenfluoreszenzspektrometer (RFA): detektiert den Elementgehalt mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ %.

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS): Analysieren Sie Spurenverunreinigungen mit einer Nachweisgrenze von <1 ppb.

Rasterelektronenmikroskopie (REM): Betrachten Sie Körner und Defekte mit einer Auflösung von < 1 nm.

Elektronenrückstreubeugung (EBSD): Analyse der Kornorientierung und Phasenstruktur.

Nachweis-Parameter

Chemische Zusammensetzung:

Wolfram-Reinheit: $\geq 99,95$ % (konventionell), $\geq 99,999$ % (für Halbleiter).

Prüfhäufigkeit: 5 % bis 10 % jeder Charge.

Mikrostruktur:

Korngröße: 10 bis 50 μm (konventionell), 5 bis 20 μm (hohe Leistung).

Porosität: $<1\%$, analysiert durch REM-Bilder.

Phasenverteilung: Stellen Sie sicher, dass keine abnormalen Phasen (z. B. Oxide oder Karbide) vorhanden sind.

Technologische Vorteile

Hohe Genauigkeit: ICP-MS erkennt Verunreinigungen im ppb-Bereich, um eine extrem hohe Reinheit zu gewährleisten.

Umfassend: SEM und EBSD liefern vollständige Informationen über Körner, Defekte und Phasen.

Qualitätssicherung: Chemische und strukturelle Analysen gewährleisten eine gleichbleibende Tiegelleistung.

Technische Herausforderungen

Probenvorbereitung: Die Härte von Wolfram erschwert das Schneiden und Polieren und erfordert Diamantwerkzeuge.

Spurendetektion: Die Detektion von extrem geringen Verunreinigungen erfordert eine hochempfindliche Ausrüstung und hohe Kosten.

Komplexe Analyse: Die EBSD-Datenverarbeitung erfordert spezielle Software und Personal.

3.7.4 Leistungstest bei hohen Temperaturen (Temperaturschock, Kriechen, Ermüdung)

Verfahrensprinzip

Der Hochtemperatur-Leistungstest bewertet das Temperaturwechselverhalten, das Kriechverhalten und die Ermüdungslebensdauer von Wolframtiegeln, indem reale Einsatzbedingungen simuliert werden, um ihre Zuverlässigkeit in Hochtemperaturumgebungen zu gewährleisten.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Thermoschock-Prüfofen: Temperaturbereich von 25 °C bis 2500 °C, Heizrate > 100 °C/s.

Zeitstandprüfgerät: Dauerspannung (10 bis 100 MPa) bei einer Temperatur von 1800 °C bis 2200 °C

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

anwenden.

Ermüdungsprüfmaschine: zyklische Belastungsfrequenz 1 bis 10 Hz, Temperatur 1000 °C bis 2000 °C.

Prüfgeräte: Infrarot-Thermometer, Wegsensor, Genauigkeit $\pm 0,01$ mm.

Nachweis-Parameter

Temperaturschock-Test:

Temperaturunterschied: 1000 °C bis 2000 °C (z. B. 2000 °C bis 25 °C Zyklus).

Anzahl der Zyklen: 50 bis 500 Zyklen, je nach Anwendungsanforderungen.

Risserkennung: Mikroskop- oder Farbstoffpenetration, Risslänge $< 0,1$ mm.

Zeitstandversuch:

Spannung: 20 bis 80 MPa.

Temperatur: 1800° C bis 2200° C.

Zeit: 100 bis 1000 Stunden, gemessene Verformungsrate ($< 0,1\%$).

Ermüdungsversuch:

Zyklische Beanspruchung: ± 50 MPa.

Temperatur: 1000°C bis 2000°C.

Anzahl der Zyklen: 10^4 bis 10^6 zur Erkennung von Ermüdungsrissen.

Technologische Vorteile

Realistische Simulation: Die Testbedingungen sind nah an der tatsächlichen Einsatzumgebung, um die Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

Leistungsoptimierung: Testdaten führen zu Prozessverbesserungen und erhöhen die Lebensdauer des Tiegels.

Qualitätsnachweis: Stellen Sie sicher, dass die Tiegel die strengen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie erfüllen.

Technische Herausforderungen

Hohe Anforderungen an die Ausrüstung: Hochtemperatur-Prüfgeräte müssen 2500 °C standhalten, was kostspielig ist.

Lange Prüfzyklen: Zeitstand- und Ermüdungsprüfungen können Wochen dauern und sich auf die Produktivität auswirken.

Komplexe Daten: Leistungsdaten bei hohen Temperaturen müssen professionell analysiert werden, was den technischen Schwierigkeitsgrad erhöht.

3.7.5 Qualitätszertifizierungs- und Rückverfolgbarkeitssystem

Verfahrensprinzip

Das Qualitätszertifizierungs- und Rückverfolgbarkeitssystem stellt sicher, dass die Produktion, Prüfung und Lieferung von Wolframtiegeln internationalen und industriellen Standards entspricht, indem standardisierte Qualitätsmanagementprozesse und Mechanismen zur

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Produktückverfolgbarkeit eingerichtet werden. Das Rückverfolgbarkeitssystem zeichnet Informationen bei jedem Schritt von den Rohstoffen bis zum fertigen Produkt auf und erleichtert so die Fehlerbehebung und Qualitätsverbesserung.

Ausrüstung & Werkzeuge

Qualitätsmanagementsystem: Eine auf ISO 9001:2015 basierende Softwareplattform, die Produktions- und Inspektionsdaten erfasst.

Rückverfolgbarkeitssystem: Barcode oder RFID-Tag, der die Charge, die Prozessparameter und die Testergebnisse des Tiegels korreliert.

Datenanalyse-Tools: Software für die statistische Prozesskontrolle (SPC) zur Analyse von Qualitätsschwankungen.

Dokumentationssystem: Elektronische Archivierung von Produktionsprotokollen, Prüfberichten und Zertifizierungsdokumenten.

Parameter der Implementierung

Akkreditierungskriterien:

ISO 9001:2015 (Qualitätsmanagement).

ISO 14001:2015 (Umweltmanagement).

GB/T 3459-2022 (Technische Anforderungen an Wolframtiegel).

Nachvollziehbarkeit:

Rohstoffe: Wolframpulvercharge, Lieferant, chemische Zusammensetzung.

Prozess: Sintern, Bearbeitung, Nachbearbeitungsparameter.

Inspektion: Abmessung, ZfP, Ergebnisse von Leistungstests.

Datenspeicherung: mindestens 5 Jahre, mehr als 10 Jahre für High-End-Anwendungen (z. B. Nuklearindustrie).

Häufigkeit der Audits: Interne Audits werden alle 6 Monate und externe Audits einmal im Jahr durchgeführt.

Technologische Vorteile

Compliance: Erfüllen Sie internationale und nationale Standards und verbessern Sie die Wettbewerbsfähigkeit des Marktes.

Transparenz: Das Rückverfolgbarkeitssystem stärkt das Vertrauen der Kunden und erleichtert die Lokalisierung von Problemen.

Kontinuierliche Verbesserung: Die SPC-Analyse identifiziert Qualitätsengpässe und optimiert Produktionsprozesse.

Technische Herausforderungen

Datenmanagement: Die Großserienproduktion erfordert effiziente Datenspeicher- und -abrufsysteme.

Hohe Kosten: Die Implementierung von Zertifizierungs- und Rückverfolgbarkeitssystemen erfordert zusätzliche Investitionen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Komplexität: Die Rückverfolgbarkeit mehrerer Links erfordert eine abteilungsübergreifende Zusammenarbeit, was die Schwierigkeit des Managements erhöht.

3.7 Qualitätskontrolle und Prüfung von Wolframtiegel

Qualitätskontrolle und -prüfung sind das Herzstück der Gewährleistung der Leistung, Zuverlässigkeit und Konsistenz von Wolframtiegel. Aufgrund der Anwendung von Wolframtiegel in anspruchsvollen Bereichen wie der Halbleiter-, Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie müssen ihre Maßgenauigkeit, Materialreinheit, Mikrostruktur und Hochtemperaturleistung strenge Standards erfüllen. In diesem Kapitel werden die Prüfung von Maß- und geometrischen Toleranzen, die zerstörungsfreie Prüfung, die chemische Zusammensetzung und Mikrostrukturanalyse, die Leistungsprüfung bei hohen Temperaturen sowie Qualitätszertifizierungs- und Rückverfolgbarkeitssysteme umfassend erörtert und die praktischen Erfahrungen globaler Unternehmen für Wolframprodukte und die von Chinatungsten Online bereitgestellten Brancheninformationen kombiniert, um die Prinzipien, Geräte, Parameter, Vorteile und Herausforderungen jeder Prüftechnologie eingehend zu analysieren.

3.7.1 Prüfung der maßlichen und geometrischen Toleranz

Verfahrensprinzip

Prüfung von dimensional und geometrischen ToleranzÜberprüfen Sie die geometrischen Abmessungen (Durchmesser, Wandstärke, Höhe) und geometrischen Toleranzen (Rundheit, Parallelität, Rundlauf) des Wolframtiegel mit hochpräzisen Messgeräten, um sicherzustellen, dass er die Konstruktionsspezifikationen erfüllt. Eine präzise Geometrie ist entscheidend für die Installation, die Wärmeübertragung und die Leistung des Tiegels, insbesondere bei Anwendungen wie dem Wachstum von monokristallinem Silizium oder dem Schmelzen bei hohen Temperaturen.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Koordinatenmessgerät (KMG): Ausgestattet mit einem Laser oder Kontakttaster beträgt die Messgenauigkeit $\pm 0,001$ mm, geeignet für komplexe Geometrien.

Laser-Entfernungsmesser: berührungslose Messung mit einer Auflösung von 0,01 mm für eine schnelle Maßverifizierung.

Profilometer: Messen Sie Rundheit, Oberflächenprofil und geometrische Toleranz mit einer Genauigkeit von $\pm 0,005$ mm.

Optischer Projektor: zur zweidimensionalen Vermessung von kleinen Tiegeln mit 50- bis 200-facher Vergrößerung.

Höhenmessgerät und digitaler Messschieber: Wird für eine einfache Maßprüfung verwendet, die Genauigkeit $\pm 0,01$ mm.

Nachweis-Parameter

Maßtoleranzen:

Durchmesser und Höhe: $\pm 0,05$ mm (konventionelle Anwendungen), $\pm 0,02$ mm (Tiegel für Halbleiter).

Wandstärke: $\pm 0,03$ mm (konventionell), $\pm 0,01$ mm (hohe Präzision).

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Geometrische Toleranzen:

Rundheit: $\leq 0,02$ mm (normal), $\leq 0,01$ mm (hohe Präzision).

Parallelität: $\leq 0,015$ mm.

Rundlauf: $\leq 0,01$ mm.

Messhäufigkeit: 10 % bis 20 % Probenahme pro Charge, 100 % vollständige Inspektion für kritische Anwendungen wie die Luft- und Raumfahrt.

Umgebungsanforderungen: Temperatur $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, Luftfeuchtigkeit $< 50\%$, Wärmeausdehnung oder Feuchtigkeitsstörungen vermeiden.

Kalibrierstandard: ISO 10360 zertifizierte Kalibrierblöcke werden verwendet, um die Genauigkeit des Geräts zu gewährleisten.

Technologische Vorteile

Hohe Genauigkeit: KMGs und Laser-Entfernungsmesser erreichen eine Genauigkeit im Submikrometerbereich und erfüllen enge Toleranzen.

Automatisierung: Ein integriertes automatisiertes Messsystem kann große Chargen von Tiegeln verarbeiten, um die Effizienz zu steigern.

Vielseitigkeit: Profiler und optische Projektoren prüfen sowohl Dimensions- als auch Oberflächenmerkmale.

Datenaufzeichnung: Digitalisierung von Messergebnissen für eine einfache Rückverfolgbarkeit in der Qualität und statistische Analyse.

Technische Herausforderungen

Komplexe Geometrien: Speziell geformte oder großformatige Tiegel (Durchmesser > 500 mm) erfordern mehrachsige KMGs, was zu hohen Anlagenkosten führen kann.

Oberflächenreflexion: Hochveredelte Wolframoberflächen können Fehler bei der Lasermessung verursachen, und der Strahlengang muss kalibriert werden.

Messzeit: Es dauert lange, große Tiegel vollständig zu inspizieren, und es ist notwendig, Effizienz und Genauigkeit in Einklang zu bringen.

Empfindlichkeit gegenüber der Umgebung: Temperatur- oder Vibrationsschwankungen können die Messergebnisse beeinträchtigen, und eine konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist erforderlich.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

CTIA GROUP LTD

Tungsten Crucible Introduction

1. Overview of Tungsten Crucibles

Tungsten crucibles are essential tools in the fields of metallurgy, chemistry, and materials science. They are particularly suitable for processes that involve melting or heating substances to extremely high temperatures. Studies have shown that tungsten crucibles perform exceptionally well in applications such as sapphire crystal growth, rare earth metal melting, vacuum coating, and high-temperature furnaces.

2. Features of Tungsten Crucibles

Ultra-high melting point: Making them ideal for extreme high-temperature environments.

High purity: purity of $\geq 99.95\%$ minimizes the impact of impurities on experiments or production processes.

Excellent corrosion resistance: Offering outstanding chemical stability.

High density and low vapor pressure: Ensuring material stability.

High strength and wear resistance: Ensuring long service life.

Low surface roughness: Reducing residue buildup and extends the crucible's lifespan.

3. Applications of Tungsten Crucibles

Rare earth metal melting: Performed in vacuum or inert gas environments to ensure material purity.

Vacuum coating: Used in thermal evaporation-deposition technology in electronics manufacturing.

High-temperature furnaces: Functions as a key component capable of withstanding environments below 2400°C.

Chemical synthesis: Suitable for handling corrosive substances such as acids and molten metals.

Metal smelting and refining: Used for melting and refining high-purity metals.

Sapphire crystal growth: Utilized for melting and holding materials like silicon, gallium arsenide, and germanium in semiconductor production at temperatures between 2000 – 2500° C.

4. Specifications of Tungsten Crucibles

Specification	Details
Material	Pure tungsten or tungsten alloy
Purity	99.95%
Diameter	20–620 mm
Height	20–500 mm
Wall Thickness	3.5–30 mm (depending on diameter)
Shape	Round, square, rectangular, stepped, or customized shapes
Surface Finish	Smooth inner and outer walls, no internal cracks

5. Purchasing Information

Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

3.7.2 Zerörungsfreie Prüfung (Ultraschall, Röntgen, CT)

Verfahrensprinzip

Bei der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) werden Ultraschall-, Röntgen- oder Computertomographie-Verfahren (CT) eingesetzt, um Defekte (z. B. Porosität, Risse, Einschlüsse) im und auf der Oberfläche von Wolframtiegeln zu erkennen, ohne deren Struktur zu beschädigen. Die zerstörungsfreie Prüfung ist der Schlüssel zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit und Sicherheit von Tiegeln, insbesondere in der Nuklearindustrie und in Halbleiteranwendungen.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Ultraschalldetektor: Ausgestattet mit einer Hochfrequenzsonde (1 bis 15 MHz) eignet er sich zur Erkennung kleiner Risse.

Röntgeninspektionsgerät: Energie 100 bis 400 kV, ausgestattet mit digitalem Bildgebungssystem.

CT-Scanner: hohe Auflösung (0,01 mm), unterstützt die 3D-Defektrekonstruktion.

Koppelmittelsystem: Wasser- oder Gelmedium, um die Ultraschallübertragung zu gewährleisten.

Kalibrierprobe: Wolframprobe mit bekannten Defekten (z. B. 0,1 mm Porosität) für die Gerätekalibrierung.

Nachweis-Parameter

Ultraschallprüfung:

Frequenz: 5 MHz (konventionelle Detektion), 10 bis 15 MHz (hochgenaue Detektion).

Sondentyp: Längs- oder Scherwellensonde, Durchmesser 5 bis 10 mm.

Fehlerrauflösung: $\geq 0,1$ mm (Riss), $\geq 0,2$ mm (Porosität).

Couplant: Wasser oder Gel, Dicke 0,1 bis 0,5 mm.

Röntgen-Inspektion:

Energie: 150 kV (Wandstärke < 10 mm), 300 kV (Wandstärke > 10 mm).

Belichtungszeit: 10 bis 60 Sekunden, abhängig von der Tiegeldicke.

Fehlerrauflösung: $\geq 0,2$ mm (Porosität), $\geq 0,1$ mm (Riss).

CT-Scan:

Scan-Schichtdicke: 0,05 bis 0,2 mm, abhängig von der Tiegelgröße.

Auflösung: 0,01 bis 0,05 mm zur Detektion kleiner Einschlüsse.

Rekonstruktionszeit: 5 bis 30 Minuten zur Generierung eines 3D-Defektmodells.

Technologische Vorteile

Hohe Empfindlichkeit: CT-Scans können winzige Defekte bis zu einer Größe von 0,05 mm erkennen, und Ultraschall eignet sich für ein schnelles Screening.

Ganzheitlichkeit: Röntgen und CT ermöglichen eine dreidimensionale Verteilung der inneren Defekte und decken so verborgene Probleme auf.

Zerstörungsfrei: Beeinträchtigt nicht die Leistung und Lebensdauer des Tiegels.

Datenvisualisierung: Das von CT generierte 3D-Modell erleichtert die Fehleranalyse und Prozessverbesserung.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Interferenz mit hoher Dichte: Die hohe Dichte von Wolfram ($19,25 \text{ g/cm}^3$) schwächt die Durchdringung von Röntgenstrahlen und erfordert hochenergetische Geräte.

Komplexe Geometrie: Speziell geformte Tiegel müssen aus mehreren Winkeln gescannt werden, was die Detektionszeit und -komplexität erhöht.

Hohe Kosten: CT-Scannergeräte haben hohe Investitions- und Betriebskosten und eignen sich daher für High-End-Anwendungen.

Betriebstechnik: Die ZfP erfordert eine professionelle Bedienung und hohe Anforderungen an die Dateninterpretation.

3.7.3 Chemische Zusammensetzung und Gefügeanalyse

Verfahrensprinzip

Chemische Zusammensetzung und Gefügeanalyse Die Materialreinheit, der Gehalt an Verunreinigungen und die Gefügeeigenschaften (z. B. Korngröße, Phasenverteilung, Porosität) von Wolframtiegeln werden durch spektroskopische Analysen, mikroskopische Beobachtungen und Beugungstechniken überprüft. Diese Analysen stellen sicher, dass die chemische Stabilität und die mechanischen Eigenschaften des Tiegels den Anforderungen der Anwendung entsprechen.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Röntgenfluoreszenzspektrometer (RFA): Detektion von Hauptelementen und Verunreinigungen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01 \%$.

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS): Spurenverunreinigungen werden mit einer Nachweisgrenze von $< 0,1 \text{ ppb}$ analysiert.

Rasterelektronenmikroskopie (REM): Betrachten Sie Körner, Poren und Defekte mit einer Auflösung von $< 1 \text{ nm}$.

Elektronenrückstreufraktometer (EBSD): Analysiert die Kornorientierung und Phasenstruktur mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1^\circ$.

Transmissionselektronenmikroskopie (TEM): Analysieren Sie nanoskalige Strukturen mit einer Auflösung $< 0,1 \text{ nm}$.

Nachweis-Parameter

Chemische Zusammensetzung:

Wolfram-Reinheit: $\geq 99,95 \%$ (konventionell), $\geq 99,999 \%$ (Halbleiter- oder Nuklearindustrie).

Verunreinigungselemente: C, O, N, Fe, Ni, Mo usw., Gehalt $< 50 \text{ ppm}$ (konventionell), $< 10 \text{ ppm}$ (hohe Reinheit).

Prüfhäufigkeit: 5 % bis 10 % Probenahme pro Charge, vollständige Inspektion der wichtigsten Anwendungen.

Mikrostruktur:

Korngröße: 10 bis 50 μm (konventionell), 5 bis 20 μm (hohe Leistung).

Porosität: $< 1 \%$ (REM-Bildanalyse), $< 0,5 \%$ (High-End-Anwendungen).

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Phasenverteilung: keine abnormalen Phasen (z. B. Oxide, Karbide), verifiziert durch XRD.

Eigenschaften der Korngrenzen: EBSD analysiert die Korngrenzwinkel, um die Rissbeständigkeit zu optimieren.

Technologische Vorteile

Extrem hohe Genauigkeit: ICP-MS erkennt Verunreinigungen im ppb-Bereich, um die Materialreinheit sicherzustellen.

Umfassende Analyse: REM und EBSD liefern vollständige Informationen über Körner, Defekte und Phasen.

Leistungsvorhersage: Mikrostrukturdaten dienen als Leitfaden für die Leistungsoptimierung bei hohen Temperaturen.

Qualitätssicherung: Stellen Sie die chemische und strukturelle Konsistenz jeder Tiegelcharge sicher.

Technische Herausforderungen

Probenvorbereitung: Die Härte von Wolfram erschwert das Schneiden, Polieren und Ausdünnen und erfordert Diamantwerkzeuge und Ionenverdünnung.

Spurendetektion: Die Analyse extrem niedriger Verunreinigungen erfordert hochempfindliche Geräte und hohe Betriebskosten.

Komplexe Daten: EBSD- und TEM-Daten erfordern professionelle Software und Personal zur Interpretation.

Zeitaufwändig: Hochpräzise Analysen (z. B. TEM) nehmen viel Zeit in Anspruch, was sich auf die Produktionseffizienz auswirkt.

3.7.4 Leistungstest bei hohen Temperaturen (Temperaturschock, Kriechen, Ermüdung)

Verfahrensprinzip

Der Hochtemperatur-Leistungstest bewertet das Temperaturwechselverhalten, das Kriechverhalten und die Ermüdungslebensdauer von Wolframtiegeln, indem reale Einsatzbedingungen (z. B. Hochtemperaturwechsel, Langzeitbelastung) simuliert werden. Diese Tests gewährleisten die Zuverlässigkeit und Haltbarkeit des Tiegels in extremen Umgebungen wie über 2000 °C.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Thermoschock-Testofen: Temperaturbereich von 25 °C bis 2600 °C, Heizrate > 100 °C/s, ausgestattet mit Schnellkühlsystem.

Zeitstandprüfgerät: konstante Spannung (10 bis 100 MPa), Temperatur 1800 °C bis 2300 °C, Verschiebungsgenauigkeit ± 0,001 mm.

Ermüdungsprüfmaschine: zyklische Belastungsfrequenz 1 bis 20 Hz, Temperatur 1000 °C bis 2200 °C, Kraftgenauigkeit ± 0,1 N.

Prüfmittel: Infrarot-Thermometer (Genauigkeit ± 1 °C), Laser-Wegmesssensor (Genauigkeit ± 0,01 mm), Mikroskop (Rissanalyse).

Nachweis-Parameter

Temperaturschock-Test:

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Temperaturunterschied: 1000 °C bis 2000 °C (z. B. 2000 °C bis 25 °C schneller Zyklus).
Anzahl der Zyklen: 50 bis 1000 Zyklen, je nach Anwendungsanforderungen.
Risserkennung: optisches Mikroskop oder Färbepenetration, Risslänge <0,1 mm ist qualifiziert.
Umgebung: Vakuum oder Inertgas (Argon, Sauerstoffgehalt < 5 ppm).

Zeitstandversuch:

Spannung: 20 bis 100 MPa, simulierte reale Belastung.
Temperatur: 1800°C bis 2300°C, nahe den Einsatzbedingungen.
Zeit: 100 bis 2000 Stunden, gemessene Verformungsrate (<0,1% ist qualifiziert).
Atmosphäre: Vakuum oder Argon, um Oxidation zu verhindern.

Ermüdungsversuch:

Zyklische Beanspruchung: ±50 bis ±200 MPa, simuliert thermisch zyklische Belastung.
Temperatur: 1000°C bis 2200°C.
Anzahl der Zyklen: 10^4 bis 10^7 mal, Ermüdungsrisserkennung (<0,05 mm ist qualifiziert).
Frequenz: 5 bis 10 Hz, Gleichgewicht zwischen Effizienz und Genauigkeit.

Technologische Vorteile

Realitätsnahe Simulation: Die Testbedingungen sind nah an der realen Einsatzumgebung und sagen die Lebensdauer des Tiegels voraus.

Leistungsoptimierung: Testdaten leiten Prozessverbesserungen zur Verbesserung der Temperaturwechsel- und Kriechbeständigkeit an.

Zuverlässigkeitsnachweis: Stellen Sie sicher, dass der Tiegel die strengen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie erfüllt.

Datenunterstützung: Stellen Sie quantitative Indikatoren (z. B. Kriechrate, Ermüdungslebensdauer) für eine einfache Kundenbewertung bereit.

Technische Herausforderungen

Hohe Anforderungen an die Ausrüstung: Hochtemperaturprüfgeräte müssen 2600 °C standhalten, und die Herstellungs- und Wartungskosten sind hoch.

Lange Prüfzyklen: Zeitstand- und Ermüdungsprüfungen können Wochen bis Monate dauern und sich auf die Produktivität auswirken.

Umweltkontrolle: Hochtemperaturvakuum oder inerte Atmosphären müssen streng gehandhabt werden, um Oxidation oder Verschmutzung zu verhindern.

Dateninterpretation: Komplexe Testdaten müssen professionell analysiert werden, was die technischen Schwierigkeiten erhöht.

3.7.5 Qualitätszertifizierungs- und Rückverfolgbarkeitssystem

Verfahrensprinzip

Das Qualitätszertifizierungs- und Rückverfolgbarkeitssystem stellt sicher, dass die Produktion, Prüfung und Lieferung von Wolframtiegeln internationalen und industriellen Standards (wie ISO 9001, GB/T 3459-2022) entspricht, indem ein standardisierter Qualitätsmanagementprozess und ein

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Mechanismus zur Rückverfolgbarkeit von Produkten eingerichtet werden. Das Rückverfolgbarkeitssystem zeichnet Informationen bei jedem Schritt auf, von den Rohstoffen bis hin zu den fertigen Produkten, um die Fehlerbehebung zu erleichtern, die Qualität zu verbessern und das Vertrauen der Kunden zu stärken.

Ausrüstung & Werkzeuge

Qualitätsmanagementsystem: Eine digitale Plattform auf Basis der ISO 9001:2015, die Produktions-, Prüf- und Lieferdaten erfasst.

Rückverfolgbarkeitssystem: Barcode, QR-Code oder RFID-Tag mit Charge, Prozessparametern und Prüfergebnissen des Tiegels.

Datenanalyse-Tools: Software zur statistischen Prozesskontrolle (SPC) zur Analyse von Qualitätsschwankungen und Fehlerrends.

Dokumentationssystem: Elektronische Archivierung von Produktionsprotokollen, Prüfberichten, Zertifizierungsdokumenten und Kundenfeedback.

Blockchain-Technologie: Einige Unternehmen nutzen Blockchain, um sicherzustellen, dass Daten nicht manipuliert werden können, und um die Glaubwürdigkeit der Rückverfolgbarkeit zu erhöhen.

Parameter der Implementierung

Akkreditierungskriterien:

ISO 9001:2015 (Qualitätsmanagementsystem).

ISO 14001:2015 (Umweltmanagementsystem).

GB/T 3459-2022 (Technische Anforderungen an Wolframtiegel).

ASTM B760-07 (Standardspezifikation für Wolframprodukte).

Nachvollziehbarkeit:

Rohstoffe: Wolframpulvercharge, Lieferant, chemische Zusammensetzung, Partikelgrößenverteilung.

Prozessparameter: Sintertemperatur, Bearbeitungstoleranzen, Nachbearbeitungsbedingungen.

Testergebnisse: Größe, zerstörungsfreie Prüfung, chemische Zusammensetzung, Leistung bei hohen Temperaturen.

Lieferinformationen: Kundenname, Lieferdatum, Chargennummer.

Datenaufbewahrung: 5 Jahre für Routineanwendungen und mehr als 10 Jahre für High-End-Anwendungen (z. B. Nuklearindustrie).

Häufigkeit der Audits: internes Audit alle 6 Monate, externes Audit einmal jährlich, Überprüfung der Zertifizierung durch Dritte alle 3 Jahre.

Technologische Vorteile

Compliance: Erfüllen Sie internationale und nationale Standards und verbessern Sie die Wettbewerbsfähigkeit des Marktes.

Transparenz: Die Rückverfolgbarkeit des gesamten Prozesses stärkt das Vertrauen der Kunden und erleichtert die schnelle Lokalisierung von Qualitätsproblemen.

Kontinuierliche Verbesserung: Die SPC-Analyse identifiziert Prozessengpässe und optimiert die

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Produktionseffizienz und -qualität.

Digitales Management: Elektronische Systeme reduzieren manuelle Fehler und verbessern die Zuverlässigkeit der Daten.

Technische Herausforderungen

Datenmanagement: Die Großproduktion erfordert effiziente Systeme zur Speicherung, zum Abrufen und zur Analyse von Daten.

Implementierungskosten: Zertifizierungs-, Rückverfolgbarkeits- und Digitalisierungssysteme sind teuer in der Investition und Wartung.

Abteilungsübergreifende Zusammenarbeit: Die Rückverfolgbarkeit muss die Lieferkette, die Produktion und die Inspektion abdecken, und das Management ist komplex.

Datensicherheit: Es ist notwendig, Datenlecks oder Manipulationen zu verhindern, und es ist schwierig, die Blockchain-Technologie zu implementieren.

3.8 Fortschrittliche Fertigungstechnologie des Wolframtiegels

Mit dem Aufkommen von Industrie 4.0 und intelligenter Fertigung entwickelt sich die Fertigungstechnologie von Wolframtiegeln in Richtung hoher Präzision, hoher Effizienz und Nachhaltigkeit. Fortschrittliche Fertigungstechnologien haben die Leistung, Produktivität und Anpassungsmöglichkeiten von Tiegeln durch die Einführung von additiver Fertigung, Laserbearbeitung, Mikro-Nano-Fertigung und intelligenten Fertigungssystemen erheblich verbessert. In diesem Kapitel werden die additive Fertigung (3D-Druck), das Laserschmelzen und das Plasmaspritzen, die Mikro-Nano-Fertigungstechnologie, die intelligente Fertigung und Industrie 4.0-Anwendungen in Kombination mit der Praxis globaler Unternehmen für Wolframprodukte und den Brancheninformationen von Chinatungsten Online ausführlich erörtert und die Prinzipien, Geräte, Parameter, Vorteile und Herausforderungen dieser Technologien umfassend analysiert.

3.8.1 Additive Fertigung (3D-gedruckter Wolframtiegel)

Verfahrensprinzip

Bei der additiven Fertigung (3D-Druck) werden Wolframtiegel mit komplexen Geometrien direkt hergestellt, indem Wolframpulver oder Wolframlegierungsmaterialien Schicht für Schicht abgeschieden werden. Im Gegensatz zur traditionellen Pulvermetallurgie und -bearbeitung kommt der 3D-Druck ohne Formen aus und ermöglicht ein schnelles Prototyping komplexer Strukturen wie Kavitätenversteifungen oder poröse Designs. Zu den gängigen Techniken gehören das selektive Laserschmelzen (SLM), das Elektronenstrahlschmelzen (EBM) und das Binder Jetting.

Anforderungen an die Ausrüstung:

SLM-Ausrüstung: Hochleistungs-Faserlaser (500 W bis 2 kW) mit einer Schutzgaskammer.

EBM-Ausrüstung: Elektronenstrahlleistung 3 bis 6 kW, Vakuumumgebung (bis zu 10^{-4} Pa).

Ausrüstung zur Injektion von Bindemitteln: hochpräzise Düse (Auflösung $< 50 \mu\text{m}$), ausgestattet mit Sinterofen.

Pulverhandhabungssystem: Sieb- und Rückgewinnungssystem zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Pulverpartikelgröße (10 bis $50 \mu\text{m}$).

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Inspektionsausrüstung: CT-Scanner (zur Erkennung interner Defekte), Laser-Profiler (zur Überprüfung der geometrischen Genauigkeit).

Prozessparameter

Über dem Meeresspiegel:

Laserleistung: 500 bis 1000 W.

Scangeschwindigkeit: 0,5 bis 2 m/s.

Schichtdicke: 20 bis 50 μm .

Atmosphäre: Argon, Sauerstoffgehalt < 100 ppm.

EBM:

Elektronenstrahlleistung: 3 bis 5 kW.

Scangeschwindigkeit: 1 bis 5 m/s.

Schichtdicke: 50 bis 100 μm .

Vakuum: 10^{-4} bis 10^{-5} Pa.

Binder Jetting:

Injektionsrate des Bindemittels: 10 bis 50 pL/Tropfen.

Sintertemperatur: 1800°C bis 2200°C.

Sinterzeit: 4 bis 8 Stunden.

Atmosphäre: Vakuum oder Wasserstoff.

Technologische Vorteile

Komplexe Geometrien: Es können speziell geformte Tiegel hergestellt werden, die mit herkömmlichen Verfahren nur schwer zu realisieren sind (z. B. eingebaute Kühlkanäle).

Materialeffizienz: Pulverrückgewinnungsrate >95 %, wodurch Rohstoffverschwendung reduziert wird.

Rapid Prototyping: Vom Entwurf bis zum fertigen Produkt dauert es nur wenige Tage, was sich für die Anpassung in kleinen Stückzahlen eignet.

Leistungsoptimierung: Das Design von Gradientenmaterialien kann die lokalen Eigenschaften (z. B. die Korrosionsbeständigkeit der Innenwand) verbessern.

Technische Herausforderungen

Dichte: Die Dichte von 3D-gedruckten Tiegeln (<99 %) ist etwas geringer als die des herkömmlichen Sinterns und muss für die Nachbearbeitung optimiert werden.

Oberflächenqualität: Die Rauheit der gedruckten Oberfläche (Ra 5 bis 20 μm) muss maschinell bearbeitet oder poliert werden.

Gerätekosten: SLM- und EBM-Anlagen haben hohe Investitionen und hohe Betriebskosten.

Anforderungen an das Pulver: Es wird ultrafeines, kugelförmiges Wolframpulver (<20 μm) benötigt, was die Materialkosten erhöht.

3.8.2 Laserschmelzen und Plasmaspritzen

Verfahrensprinzip

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Beim Laserschmelzen und Plasmaspritzen wird eine hochenergetische Wärmequelle verwendet, um funktionale Beschichtungen auf der Oberfläche von Wolframtiegeln abzuscheiden oder lokale Defekte zu reparieren und so deren Abrieb-, Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. Beim Laserschmelzen wird ein Laserstrahl verwendet, um Wolframpulver oder Legierungspulver zu schmelzen, um eine Beschichtung zu bilden. Beim Plasmaspritzen wird das Pulver durch einen Plasmalichtbogen auf die Oberfläche gesprüht, wodurch eine dicke Beschichtung entsteht.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Laserschmelzanlagen: Faserlaser (1 bis 10 kW) mit einem fünfachsigem Bewegungstisch.

Plasmaspritzgeräte: Plasmapistole (Leistung 40 bis 100 kW) mit Pulverzuführsystem.

Pulverhandhabungssystem: Sieb- und Trocknungsanlage, um sicherzustellen, dass die Pulverpartikelgröße 10 bis 100 µm beträgt.

Prüfmittel: Schichtdickenmessgerät (Genauigkeit $\pm 1\mu\text{m}$), Kratzprüfgerät (Haftfestigkeitstest).

Atmosphärenkontrolle: Inertgaskammer (Argon oder Helium) mit einem Sauerstoffgehalt $< 50\text{ ppm}$.

Prozessparameter

Laser-Fusion:

Laserleistung: 2 bis 5 kW.

Scangeschwindigkeit: 0,5 bis 2 m/min.

Pulverzufuhrmenge: 5 bis 20 g/min.

Schichtdicke: 50 bis 500 µm.

Atmosphäre: Argon, Sauerstoffgehalt $< 100\text{ ppm}$.

Plasmaspritzen:

Plasmaleistung: 50 bis 80 kW.

Sprühabstand: 100 bis 200 mm.

Pulverzufuhrmenge: 20 bis 50 g/min.

Schichtdicke: 100 bis 1000 µm.

Gasdurchfluss: Argon 50 L/min, Wasserstoff 5 L/min.

Technologische Vorteile

Hochleistungsbeschichtungen: Durch Laserschmelzen gebildete SiC- oder WC-Beschichtungen haben eine Härte von HV 2500 und plasmagespritzte MoSi₂-Schichten weisen eine hervorragende Oxidationsbeständigkeit auf.

Lokale Reparatur: Präzise Reparatur von verschlissenen oder gerissenen Stellen, um die Lebensdauer des Tiegels zu verlängern.

Flexibilität: Geeignet für eine Vielzahl von Beschichtungsmaterialien (z. B. Wolframlegierung, Keramik).

Schneller Prozess: Die Abscheidezeit einer einschichtigen Beschichtung beträgt $< 1\text{ Stunde}$, was für die Großserienproduktion geeignet ist.

Technische Herausforderungen

Adhäsion: Die Differenz des Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen der Beschichtung und dem

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Wolframsubstrat kann zu Abplatzungen führen, und die Grenzfläche muss optimiert werden.

Thermische Belastung: Hochenergetische Wärmequellen können Mikrorisse im Substrat verursachen, und der Wärmeeintrag muss kontrolliert werden.

Oberflächenrauheit: Plasmaspritzbeschichtung $R_a > 10\mu\text{m}$, Nachbearbeitung erforderlich.

Hohe Kosten: Die Investitionen in Laser- und Plasmaanlagen sind groß, Pulvermaterialien sind teuer.

3.8.3 Mikrofabrikationstechnik

Verfahrensprinzip

Die Mikrofabrikation nutzt die Lasermikrobearbeitung, das Ionenstrahlätzen oder die chemische Gasphasenabscheidung (CVD), um Strukturen im Mikromaßstab (1 bis 100 μm) oder im Nanomaßstab ($<1\ \mu\text{m}$) auf der Oberfläche von Wolframtiegeln herzustellen, wie z. B. Mikrovias, Mikrorillen oder Nanobeschichtungen. Diese Strukturen verbessern die Wärmestrahlung, die Benetzbarkeit oder die Antifouling-Eigenschaften von Tiegeln und eignen sich daher besonders für Halbleiter- und optische Anwendungen.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Femtosekundenlaser: Pulsbreite $< 500\ \text{fs}$, Leistung 1 bis 5 kW, für die Mikrobearbeitung.

Fokussierte Ionenstrahl-Bauelemente (FIB): Ionenenergie 10 bis 50 keV, Auflösung $< 10\ \text{nm}$.

CVD-Ausrüstung: Niedertemperatur-CVD-System ($400\ ^\circ\text{C}$ bis $800\ ^\circ\text{C}$) für die Abscheidung von Nanobeschichtungen.

Detektionsgeräte: Rasterkraftmikroskop (AFM, Auflösung $< 0,1\ \text{nm}$), REM (Beobachtung von Mikro-Nano-Strukturen).

Reinraum: ISO-Klasse 5 (Klasse 100) zur Vermeidung von Partikelkontaminationen.

Prozessparameter

Femtosekunden-Laser-Mikrobearbeitung:

Impulsbreite: 100 bis 500 fs.

Leistung: 1 bis 3 kW.

Scangeschwindigkeit: 0,1 bis 1 m/s.

Strukturgröße: 1 bis 50 μm (Mikrorille oder Mikrowell).

Ionenstrahl-Ätzen:

Ionenenergie: 20 bis 40 keV.

Strahldichte: 0,1 bis 1 A/cm^2 .

Ätztiefe: 0,1 bis 10 μm .

Vakuum: unter $10^{-6}\ \text{Pa}$.

Nano CVD-Beschichtung:

Temperatur: $400\ ^\circ\text{C}$ bis $600\ ^\circ\text{C}$.

Vorläufer: SiH_4 (SiC-Beschichtung) oder WF_6 (Beschichtung auf Wolframbasis).

Schichtdicke: 10 bis 100 nm.

Atmosphäre: niedriger Druck ($10^{-1}\ \text{Pa}$).

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technologische Vorteile

Verbesserungen: Die mikroporöse Struktur verbessert die Effizienz der Wärmestrahlung und die Nanobeschichtung verbessert die Antifouling-Leistung.

Hohe Präzision: Femtosekundenlaser und FIB können eine Bearbeitungsgenauigkeit im Submikrometerbereich erreichen.

Kundenspezifisch: Spezifische Mikrostrukturen (z. B. optische Reflektoren) können je nach Anwendungsanforderungen entworfen werden.

Technische Herausforderungen

Verarbeitungseffizienz: Die Verarbeitungsgeschwindigkeit von Mikro-Nano ist langsam und eignet sich für kleine Flächen oder Anwendungen mit hoher Wertschöpfung.

Gerätekosten: Femtosekundenlaser- und FIB-Geräte sind mit hohen Investitionen und komplexer Wartung verbunden.

Oberflächenschäden: Beim Ionenstrahlätzen können Kristalldefekte auftreten, die eine Nachbehandlung erfordern.

Anforderungen an die Sauberkeit: Die Mikro-Nano-Verarbeitung erfordert eine ultrareine Umgebung, was die Betriebskosten erhöht.

3.8.4 Intelligente Fertigung und Industrie 4.0-Anwendungen

Verfahrensprinzip

Intelligente Fertigung und Industrie 4.0 optimiert den Produktionsprozess von Wolframtiegeln durch das Internet der Dinge (IoT), künstliche Intelligenz (KI), Big-Data-Analyse und Automatisierungstechnik und realisiert das digitale Management der gesamten Kette von der Konstruktion bis zur Auslieferung. Diese Technologien verbessern die Produktivität, die Qualitätskonsistenz und die Prozesskontrolle und reduzieren gleichzeitig den Energieverbrauch und die Ausschussraten.

Ausrüstung & Werkzeuge

Internet of Things-System: Sensoren (Temperatur, Druck, Weg) und industrielle Internetplattform zur Erfassung von Produktionsdaten in Echtzeit.

KI-System: Machine-Learning-Modelle zur Optimierung von Prozessparametern und zur Vorhersage von Geräteausfällen.

Automatisierungsausrüstung: Sechssachsroboter (für Handhabung, Verarbeitung), automatisches Be- und Entladesystem.

Digital Twin Platform: Simulieren Sie den Produktionsprozess von Tiegeln und optimieren Sie das Design und den Prozess.

Big-Data-Analysetools: Hadoop- oder Spark-basierte Analysesysteme, die Terabytes an Produktionsdaten verarbeiten.

Parameter der Implementierung

Internet der Dinge:

Anzahl der Sensoren: 10 bis 50 pro Gerät, Abtastfrequenz 1 Hz bis 1 kHz.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Datenübertragung: 5G oder Industrial Ethernet mit einer Latenz von < 10 ms.

Datenspeicherung: Cloud-Speicher mit einer Kapazität von > 1 PB, der länger als 5 Jahre gespeichert wird.

KI-Optimierung:

Modelltyp: Deep Neural Network (DNN) oder Reinforcement Learning (RL).

Trainingsdaten: $> 10^6$ Prozessaufzeichnungen, die Temperatur, Druck und Fehlerrate abdecken.

Optimierungsziel: $<$ Ausschussquote von 0,5 % und Reduzierung des Energieverbrauchs um 10 %.

Automatisierung:

Robotergerauigkeit: $\pm 0,01$ mm (Handhabung), $\pm 0,05$ mm (Verarbeitung).

Zykluszeit: 5 bis 10 Minuten pro Tiegel.

Automatisierungsrate: > 80 % (Schlüsselprozesse).

Digitaler Zwilling:

Simulationsgenauigkeit: geometrischer Fehler $< 0,1$ mm, Leistungsfehler < 5 %.

Aktualisierungshäufigkeit: Echtzeit (< 1 Sekunde) oder Batch (stündlich).

Simulationsbereich: von der Pulverpressung bis zur Nachbearbeitung.

Technologische Vorteile

Effiziente Produktion: Automatisierung und KI-Optimierung steigern die Produktionseffizienz um 20 % bis 30 %.

Gleichbleibende Qualität: IoT und Big Data Analytics haben die Ausschussquote auf unter 0,3 % gesenkt.

Vorausschauende Wartung: KI prognostiziert Geräteausfälle und reduziert Ausfallzeiten um 80 %.

Flexible Anpassung: Der digitale Zwilling unterstützt eine schnelle Design-Iteration, um die individuellen Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen.

Technische Herausforderungen

Technologieintegration: IoT, KI und Automatisierung müssen nahtlos integriert werden, und die Systeme sind komplex.

Datensicherheit: Produktionsdaten müssen vor Lecks geschützt werden, und es sind fortschrittliche Verschlüsselung und Zugriffskontrolle erforderlich.

Implementierungskosten: Die Investitionen in ein intelligentes Fertigungssystem sind groß und für kleine und mittlere Unternehmen schwer zu tragen.

Personalschulung: Es ist notwendig, interdisziplinäre Talente zu fördern, die KI- und Industrie 4.0-Technologien beherrschen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Kapitel 4 Technologie und Innovation zur Herstellung von Wolframtiegeln

Die Produktionstechnologie des Wolframtiegels entwickelt sich rasant in Richtung Automatisierung, Intelligenz, Grün und hohe Leistung, um die strengen Anforderungen der Halbleiter-, Luft- und Raumfahrt-, Nuklearindustrie und anderer Bereiche zu erfüllen. In diesem Kapitel werden die Automatisierung und intelligente Produktion, die Energiespar- und Umweltschutztechnologie, die Kreislaufwirtschaft und das Ressourcenmanagement von Wolframtiegeln sowie die Erforschung modernster Technologien in Kombination mit der praktischen Erfahrung globaler Unternehmen für Wolframprodukte und den von Chinatungsten Online bereitgestellten Brancheninformationen eingehend erörtert und die Prinzipien, Geräte, Parameter, umfassend analysiert Vorteile und Herausforderungen dieser Technologien.

4.1 Wolframtiegelautomatisierung und intelligente Produktion

Die Automatisierung und intelligente Produktion hat die Produktionseffizienz, die Qualitätskonsistenz und die Prozesskontrollierbarkeit von Wolframtiegeln durch die Einführung von CNC-Bearbeitung, Robotik, Internet der Dinge (IoT), künstlicher Intelligenz (KI) und datengesteuerter Entscheidungsfindung erheblich verbessert. Diese Technologien sind das Herzstück von Industrie 4.0 in der Wolframproduktindustrie.

4.1.1 CNC-Bearbeitung und Roboterautomatisierung

Verfahrensprinzip

Bei der numerisch gesteuerten Bearbeitung (CNC) werden computergesteuerte, hochpräzise

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Werkzeugmaschinen zum Drehen, Fräsen, Bohren und Schleifen von Wolframtiegeln eingesetzt, um geometrische Genauigkeit und Oberflächenqualität zu gewährleisten. Die Roboterautomatisierung automatisiert die Materialhandhabung, das Be- und Entladen von Werkstücken, die Verarbeitungsunterstützung und die Inspektion durch Sechs-Achsen-Roboter oder kollaborative Roboter (Cobots), wodurch manuelle Eingriffe reduziert und die Produktionseffizienz verbessert werden.

Anforderungen an die Ausrüstung:

CNC-Maschinen: 5- oder 7-Achs-Bearbeitungszentren mit Diamant- oder kubischem Bornitrid (CBN)-Werkzeugen, Spindeldrehzahlen von 5.000 bis 20.000 U/min und Positioniergenauigkeit $\pm 0,001$ mm.

Robotersystem: Sechssachsiger Roboter (Last 5 bis 50 kg) mit visuellem Erkennungssystem (Auflösung $< 0,1$ mm) und Kraftsteuerungssensoren (Genauigkeit $\pm 0,1$ N).

Automatisierte Montagelinie: integriertes Be- und Entladesystem, Förderband und Vorrichtung, Zykluszeit 5 bis 15 Sekunden pro Stück.

Prüfmittel: Laser-Entfernungsmesser (Genauigkeit $\pm 0,01$ mm) und Koordinatenmessgerät (KMG, Genauigkeit $\pm 0,001$ mm).

Prozessparameter

CNC-Bearbeitung:

Schnittgeschwindigkeit: 10 bis 50 m/min (hohe Härte von Wolfram erfordert hohes Drehmoment bei niedriger Drehzahl).

Vorschub: 0,02 bis 0,2 mm/U

Schnitttiefe: 0,1 bis 0,5 mm, um Mikrorisse zu vermeiden.

Kühlmittel: Hochdruckmedium auf Ölbasis mit einer Durchflussmenge von 20 bis 40 L/min.

Roboter-Automatisierung:

Handhabungsgeschwindigkeit: 0,5 bis 2 m/s, Genauigkeit $\pm 0,05$ mm.

Visuelle Erkennung: Die Verarbeitungszeit beträgt $< 0,1$ Sekunden und die Erkennungsrate $> 99,5$ %.

Schließkraft: 50 bis 500 N, geeignet für unterschiedliche Tiegelgrößen.

Automatisierungsrate: 90 % $>$ Schlüsselprozessen.

Technologische Vorteile

Hohe Präzision: Die CNC-Bearbeitung steuert die Maßtoleranz bei $\pm 0,01$ mm, was den Anforderungen der Halbleiterindustrie entspricht.

Effizienz: Die Roboterautomatisierung reduziert die Zykluszeiten um 30 bis 50 Prozent.

Konsistenz: Die Automatisierung reduziert menschliche Fehler und erhöht die Chargenkonsistenz auf 99,8 %.

Sicherheit: Roboter ersetzen gefährliche Prozesse (z. B. Handhabung bei hohen Temperaturen) und reduzieren Arbeitsrisiken.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Gerätekosten: Die Investitionen in fünfschichtige CNC- und Robotersysteme sind hoch, was sich kleine und mittlere Unternehmen nur schwer leisten können.

Komplexe Programmierung: CNC und Roboter müssen angepasst werden, um die Entwicklungszeit zu verlängern.

Schwierigkeiten bei der Wartung: Hochpräzise Geräte müssen regelmäßig kalibriert und gewartet werden, und die technischen Anforderungen sind hoch.

Anpassungsfähigkeit: Komplexes Design von automatisierten Vorrichtungen für kleine oder speziell geformte Tiegel.

4.1.2 Digitalisierung von Produktionslinien und Integration des Internets der Dinge

Verfahrensprinzip

Die digitale Produktionslinie verbindet Geräte, Sensoren und Managementsysteme über IoT-Technologie, um Produktionsdaten (wie Temperatur, Druck und Größe) in Echtzeit zu sammeln und zu analysieren, um den gesamten Prozess zu überwachen und zu optimieren. Die IoT-Integration ermöglicht die Konnektivität von Geräten, den Datenaustausch und die Fernverwaltung, um die Transparenz und Kontrolle der Produktion zu verbessern.

Anforderungen an die Ausrüstung:

IoT-Sensoren: Temperatur- (Genauigkeit $\pm 0,1$ °C), Druck- ($\pm 0,1$ kPa), Wegsensoren ($\pm 0,01$ mm), Abtastfrequenz 1 Hz bis 10 kHz.

Industrielle Internetplattform: Unterstützt 5G oder Industrial Ethernet, Datenübertragungsverzögerung < 5 ms.

Edge-Computing-Geräte: Verarbeiten Sie Echtzeitdaten mit > 10 TFLOPS Rechenleistung.

Datenspeichersystem: Cloud- oder lokaler Server, Kapazität > 1 PB, Datenspeicherung > 5 Jahre.

Visualisierungssystem: Echtzeit-Überwachungs-Dashboard, Auflösung 4K, Unterstützung des Zugriffs auf mehrere Terminals.

Prozessparameter

Sensoreinsatz: 10 bis 50 Sensoren pro Maschine, die Sinter-, Verarbeitungs- und Inspektionsprozesse abdecken.

Datenerfassung: Abtastfrequenz 1 bis 100 Hz (konventionell), 1 kHz (hochdynamischer Prozess).

Übertragungsrate: > 100 Mbit/s, um Echtzeitleistung zu gewährleisten.

Datenverarbeitung: Die Edge-Computing-Latenz < 10 ms und der Cloud-Analysezyklus < 1 Minute.

Systemzuverlässigkeit: Die Online-Rate der Geräte liegt bei $> 99,9$ % und die Datenintegrität $>$ bei $99,99$ %.

Technologische Vorteile

Echtzeitüberwachung: Die gesamten Prozessdaten werden gesammelt, und die Zeit zur Erkennung von Anomalien beträgt < 1 Sekunde.

Transparentes Management: Der Produktionsstatus wird in Echtzeit visualisiert, und Manager können Entscheidungen aus der Ferne treffen.

Effizienzsteigerung: Das Internet der Dinge optimiert die Ressourcenplanung und steigert die

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Produktionseffizienz um 20 % bis 30 %.

Rückverfolgbarkeit der Qualität: Die Datenerfassung unterstützt die Rückverfolgbarkeit von Fehlern und die Positionierzeit wird um 70 % verkürzt.

Technische Herausforderungen

Datensicherheit: Erweiterte Verschlüsselung (z. B. AES-256) und Zugriffskontrolle sind erforderlich, um Lecks zu verhindern.

Systemintegration: Das Mehrmarken-Geräteprotokoll ist nicht einheitlich und erfordert kundenspezifische Schnittstellen.

Netzwerkabhängigkeit: 5G- oder Ethernet-Ausfälle können die Echtzeitleistung beeinträchtigen.

Implementierungskosten: Der Einsatz von Sensoren und Cloud-Plattformen erfordert eine hohe Anfangsinvestition.

4.1.3 Anwendung von Künstlicher Intelligenz in der Prozessoptimierung

Verfahrensprinzip

Künstliche Intelligenz (KI) analysiert Produktionsdaten durch maschinelles Lernen (ML), Deep Learning (DL) und Reinforcement Learning (RL), um Prozessparameter zu optimieren, Anlagenausfälle vorherzusagen und die Qualitätskontrolle zu verbessern. KI identifiziert die beste Kombination von Schlüsselvariablen wie Sintertemperatur, Bearbeitungstoleranzen usw. und reduziert so die Kosten für Versuch und Irrtum.

Anforderungen an die Ausrüstung:

KI-Computing-Plattform: GPU-Cluster (Rechenleistung > 100 TFLOPS) oder TPU zum Ausführen von ML/DL-Modellen.

Datenerfassungssystem: Hochfrequenzsensor (über 1 kHz) zur Erfassung von Daten wie Temperatur, Druck, Fehlerrate usw.

Modellentwicklungstools: TensorFlow, PyTorch oder AutoML, das eine schnelle Iteration unterstützt.

Mensch-Computer-Interaktionsschnittstelle: Unterstützt die Empfehlung von Prozessparametern und einen ungewöhnlichen Alarm, und die Reaktionszeit beträgt < 0,5 Sekunden.

Datenspeicherung: Unterstützung >10⁶ Prozessaufzeichnungen, Speicherdauer > 5 Jahre.

Prozessparameter

Modelltypen: Convolutional Neural Network (CNN, Bildanalyse), Recurrent Neural Network (RNN, Zeitreihen), Reinforcement Learning (Prozessoptimierung).

Trainingsdaten: >10⁶ Datensätze, die Sintern, Verarbeitung, Testen und andere Prozesse abdecken.

Optimierungsziele:

Ausschussquote: < 0,3 %.

Energieverbrauch: 10 % bis 20 % Reduzierung.

Produktionseffizienz: Steigerung um 15 % bis 25 %.

Vorhersagegenauigkeit: Die Fehlervorhersagerate beträgt > 95 % und der Fehler bei der Parameteroptimierung < 1 %.

Aktualisierungshäufigkeit: Das Modell wird wöchentlich oder monatlich aktualisiert, um es an neue

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Daten anzupassen.

Technologische Vorteile

Prozessoptimierung: KI empfiehlt die optimale Sintertemperatur und die optimalen Verarbeitungsparameter, und die Ausschussrate wird auf 0,2 % reduziert.

Vorausschauende Wartung: Die Vorhersage von Geräteausfällen reduziert Ausfallzeiten um bis zu 80 %.

Adaptive Steuerung: Passen Sie den Prozess in Echtzeit an Veränderungen der Rohstoffe oder der Umwelt an.

Kosteneinsparungen: Optimieren Sie den Energieverbrauch und den Materialverbrauch und senken Sie die Produktionskosten um 10 bis 15 Prozent.

Technische Herausforderungen

Datenqualität: Es werden qualitativ hochwertige, mehrdimensionale Daten benötigt, und die Erfassungskosten sind hoch.

Komplexe Modelle: Das Training von DL-Modellen erfordert viel Rechenleistung und Zeit.

Interpretierbarkeit: Die von der KI empfohlenen Parameter müssen von Ingenieuren überprüft werden, um die Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

Technische Barrieren: Die KI-Entwicklung erfordert interdisziplinäre Teams, was die Umsetzung für KMU erschwert.

4.1.4 Datengetriebene Fertigungsentscheidungen

Verfahrensprinzip

Bei der datengesteuerten Entscheidungsfindung in der Fertigung werden Big-Data-Analysen und statistische Prozesskontrolle (SPC) verwendet, um Produktionsdaten (z. B. Größe, Fehlerquote, Energieverbrauch) aus Produktionsdaten in Echtzeit zu analysieren und so die Prozessverbesserung, die Ressourcenzuweisung und das Qualitätsmanagement zu steuern. Diese Entscheidungen steigern die Produktivität, senken die Kosten und sichern die Produktqualität.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Big-Data-Plattform: Basierend auf Hadoop oder Spark verarbeitet sie Terabytes an Daten mit einer Analysezeit von < 1 Stunde.

SPC-Software: Minitab oder JMP, Analyse von Qualitätsschwankungen, Genauigkeit der Regelkarte $\pm 0,01$ %.

Tools zur Datenvisualisierung: Tableau oder Power BI zum Generieren von Echtzeitberichten und Regelkarten.

Cloud-Computing-System: AWS oder Azure, das Datenspeicherung auf Petabyte-Ebene und paralleles Computing unterstützt.

Decision Support System (DSS): Integriert KI und SPC, um automatisierte Empfehlungen für die Entscheidungsfindung zu geben.

Prozessparameter

Datentypen: Maßtoleranzen, Fehlerraten, Energieverbrauch, Betriebszustand der Ausrüstung,

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Rohstoffeigenschaften.

Häufigkeit: Echtzeit (<1 Sekunde) oder Batch (stündlich oder täglich).

Kontrollgrenze: SPC-Ober- und -Untergrenze (z. B. $\pm 3\sigma$), Fehlerrate < 0,5 %.

Berichtstypen: Pareto-Diagramm, Regelkarte, Histogramm, Punktdiagramm.

Entscheidungszyklus: Echtzeit (kritische Prozesse) oder täglich (zusammenfassende Analyse).

Technologische Vorteile

Präzise Entscheidungsfindung: Die Datenanalyse reduziert die Zeit für die Lokalisierung von Qualitätsproblemen um 60 %.

Ressourcenoptimierung: 15 bis 20 Prozent Steigerung des Geräte- und Rohstoffeinsatzes.

Qualitätsverbesserung: SPC kontrolliert die Chargenfehlerrate unter 0,3 %.

Dynamische Anpassung: Echtzeitdaten unterstützen eine schnelle Reaktion auf Änderungen der Marktnachfrage.

Technische Herausforderungen

Datenintegration: Daten aus mehreren Quellen müssen standardisiert und komplex zu verarbeiten sein.

Komplexität der Analyse: Terabytes an Daten erfordern effiziente Algorithmen und Rechenleistung.

Personalbedarf: Data Scientists und Engineers müssen zusammenarbeiten, und die Schulungskosten sind hoch.

Systemstabilität: Die Cloud-Plattform muss hochverfügbar sein, um Datenverluste zu vermeiden.

4.2 Wolframtiegel Energiespar- und Umweltschutztechnik

Energiespar- und Umweltschutztechnologien reduzieren den Energieverbrauch und die Umweltauswirkungen der Wolframtiegelproduktion durch die Optimierung des Sinterofendesigns, der Abwärmerückgewinnung, der kohlenstoffarmen Produktion und der sauberen Technologie und erreichen das Ziel einer umweltfreundlichen Fertigung.

4.2.1 Aufbau eines hocheffizienten Sinterofens

Verfahrensprinzip

Hocheffiziente Sinteröfen reduzieren Wärmeverluste und verbessern die Energieeffizienz durch Optimierung von Heizelementen, Isolierung und Temperaturregelungssystemen. Moderne Sinteröfen nutzen simulierte thermische Felder und eine intelligente Steuerung, um eine gleichmäßige Temperatur und einen minimalen Energieverbrauch zu gewährleisten.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Heizelement: hochreines Wolfram oder Graphit, beständig bis 2600°C, Lebensdauer > 5000 Stunden.

Wärmedämmung: Zirkonoxid (ZrO_2) oder Kohlefaserverbundwerkstoffe, Wärmeleitfähigkeit < 0,1 W/m·K.

Temperaturregelung: PID-Regler, Genauigkeit $\pm 1^\circ C$, integriertes Infrarot-Thermometer.

Vakuumsystem: Turbomolekularpumpe, Vakuumgrad 10^{-5} Pa, verhindert Oxidation.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Simulationssoftware: ANSYS oder COMSOL zur Simulation von thermischen Feldern und Energieverteilungen.

Prozessparameter

Sintertemperatur: 1800°C bis 2400°C, gradientengesteuert ($\pm 5^\circ\text{C}$).

Heizrate: 5 bis 15 °C/min, wodurch Effizienz und Belastung in Einklang gebracht werden.

Haltezeit: 2 bis 12 Stunden, abhängig von der Größe des Tiegels.

Energieverbrauch: 10 kWh pro Kilogramm Wolfram- (Hocheffizienzöfen), 15 bis 20 kWh bei konventionellen Öfen.

Thermischer Wirkungsgrad: >80%, optimiert durch Wärmedämmung und Wärmefeld.

Technologische Vorteile

Geringer Energieverbrauch: Hocheffiziente Sinteröfen senken den Energieverbrauch um 20 bis 30 Prozent.

Hohe Gleichmäßigkeit: Abweichung des thermischen Feldes < 10 °C, wodurch die Fehlerrate reduziert wird.

Lange Lebensdauer: 50 % längere Lebensdauer der Heizelemente und der Isolierung.

Umweltfreundlich: Reduzieren Sie Strom und Emissionen, im Einklang mit umweltfreundlichen Produktionsstandards.

Technische Herausforderungen

Ausrüstungskosten: Hohe Investition in einen hocheffizienten Sinterofen, Amortisationszeit von 3 bis 5 Jahren.

Komplexes Design: Die Simulation des thermischen Feldes erfordert professionelle Team- und Softwareunterstützung.

Wartungsaufwand: Hochtemperatur-Dämmstoffe müssen regelmäßig ausgetauscht werden, was kostspielig ist.

Technische Barrieren: Fortschrittliche Steuerungssysteme müssen angepasst und entwickelt werden.

4.2.2 Abwärmenutzung und energetische Verwertung

Verfahrensprinzip

Bei der Abwärmerückgewinnung wird die beim Sintern und Verarbeiten entstehende Abwärme durch Wärmetauscher und Energiespeicher zum Vorwärmen von Rohstoffen, zum Erhitzen von Reinigungsflüssigkeiten oder zum Heizen genutzt. Durch das energetische Recycling wird zurückgewonnene Wärmeenergie in elektrische oder mechanische Energie umgewandelt, wodurch der Energieverbrauch weiter gesenkt wird.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Wärmetauscher: Platten- oder Rohrwärmetauscher, Wärmeübertragungswirkungsgrad > 90%, Widerstand von 1000°C.

Energiespeicher: Phasenwechselmaterial (PCM) oder Flüssigsalz-Wärmespeicher mit einer

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Energiespeicherdichte von > 200 kJ/kg.

Thermoelektrische Generatoren: Basierend auf dem Seebeck-Effekt beträgt der Umwandlungswirkungsgrad 10 % bis 15 %.

Rohrleitungssystem: hochtemperaturbeständiger Edelstahl, Wärmeverlust <5%.

Steuerungssystem: SPS-Steuerung, Echtzeitüberwachung des Wärmeflusses und der Energieverteilung.

Prozessparameter

Abwärmtemperatur: 300 °C bis 1000 °C (Absaugung des Sinterofens), 100 °C bis 200 °C (Prozesskühlung).

Rückgewinnungsquote: Der Wärmetauscher gewinnt 70 bis 90 % der Abwärme zurück.

Energiespeicherzeit: 6 bis 24 Stunden, um den intermittierenden Bedarf zu decken.

Wirkungsgrad der Stromerzeugung: 10 % bis 12 % für thermoelektrische Generatoren, die 0,1 bis 0,2 kWh pro Kilogramm Abwärme erzeugen.

Systemlebensdauer: 10 Jahre > Wärmetauscher, 5000 Zyklen > Energiespeichermaterial.

Technologische Vorteile

Reduzierter Energieverbrauch: Durch die Abwärmerückgewinnung wird der Gesamtenergieverbrauch um 15 bis 25 Prozent gesenkt.

Kosteneinsparungen: Reduzierte Strom- und Kraftstoffrechnungen, Amortisationszeit von 2 bis 4 Jahren.

Vorteile für die Umwelt: Reduzierte CO₂-Emissionen, 0,5 bis 1 Tonne Wolfram pro Tonne.

Flexibilität: Abwärme kann für eine Vielzahl von Zwecken genutzt werden, was die Energieeffizienz verbessert.

Technische Herausforderungen

Investitionen in die Ausrüstung: Wärmetauscher und Energiespeichersysteme sind kostspielig und müssen langfristig zurückgewonnen werden.

Wärmeverlust: Wärmeverluste in Rohrleitungen und Energiespeicherprozessen müssen minimiert werden.

Systemintegration: Die Abwärmenutzung muss nahtlos in bestehende Produktionslinien integriert werden.

Komplexe Wartung: Hochtemperatur-Wärmetauscher müssen regelmäßig gereinigt und inspiziert werden.

4.2.3 CO₂-arme Produktion und umweltfreundliche Fertigung

Verfahrensprinzip

Die kohlenstoffarme Produktion senkt den CO₂-Fußabdruck der Wolframtiegelproduktion durch den Einsatz erneuerbarer Energien, optimierte Prozesse und eine geringere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen. Grüne Fertigung kombiniert saubere Technologie und Umweltmanagement, um die Ziele der nachhaltigen Entwicklung zu erreichen.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Anforderungen an die Ausrüstung:

Erneuerbare Energiesysteme: Solar (Photovoltaik, Wirkungsgrad >20%) oder Wind (Leistung >5 MW).

Kohlenstoffarmer Sinterofen: elektrische Heizung statt Gas, der Wirkungsgrad > 90 %.

Carbon Capture System: Chemische Absorption oder Membrantrennung, Abscheidungsrate > 80%.

Umweltüberwachungsgerät: Emissionsanalysator (CO₂, NO_x) mit einer Genauigkeit von ± 0,1 ppm.

ISO 14001 Management System: Eine digitale Plattform, die Kohlenstoffemissionen und Umweltdaten erfasst.

Prozessparameter

Energiemix: >50 % erneuerbare Energien und 20 % < fossile Brennstoffe.

CO₂-Emissionen: 1 Tonne CO₂ pro Tonne Wolfram < (kohlenstoffarm), 2 bis 3 Tonnen bei konventioneller Produktion.

Abscheidungsrate: CO₂-Abscheidungssysteme gewinnen 80 % bis 90 % der Emissionen zurück.

Häufigkeit der Überwachung: Echtzeit (Emissionsdaten), monatlich (Umweltbericht).

Zertifizierungszyklus: ISO 14001 wird jährlich geprüft, der CO₂-Fußabdruck wird vierteljährlich bewertet.

Technologische Vorteile

Niedrige Emissionen: Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks um 50 % bis 70 % im Einklang mit den globalen Emissionsreduktionszielen.

Markenwert: Umweltfreundliche Produktion verbessert das Unternehmensimage und zieht umweltbewusste Kunden an.

Politische Unterstützung: Im Einklang mit der Politik der Klimaneutralität Subventionen oder steuerliche Anreize erhalten.

Nachhaltigkeit: Reduzieren Sie den Ressourcenverbrauch und verlängern Sie die Lebensdauer der Industriekette.

Technische Herausforderungen

Energiekosten: Die Investitionen in die Infrastruktur für erneuerbare Energien sind mit einer Amortisationszeit von 5 bis 10 Jahren hoch.

Technologischer Wandel: CO₂-arme Anlagen müssen bestehende Produktionslinien umgestalten, was sich auf die kurzfristige Produktionskapazität auswirkt.

Kosten der Abscheidung: Systeme zur Kohlenstoffabscheidung sind teuer im Betrieb und müssen im Hinblick auf die Effizienz optimiert werden.

Regulatorischer Druck: Die globalen CO₂-Emissionsnormen sind unterschiedlich und müssen sich an die Anforderungen mehrerer Länder anpassen.

4.2.4 Sauberere Produktionstechnologien

Verfahrensprinzip

Sauberere Produktionstechnologien ermöglichen eine umweltfreundliche Produktion, indem sie Abgase, flüssige Abfälle und feste Abfälle reduzieren und Reinigungs-, Verarbeitungs- und

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Nachbehandlungsprozesse optimieren. Zu diesen Technologien gehören ungiftige Reinigungsmittel, Totwasserzirkulation und hocheffiziente Filtersysteme.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Reinigungsgeräte: Ultraschallreiniger (40 bis 80 kHz) mit neutralen oder biobasierten Reinigungsmitteln.

Wasserzirkulationssystem: Umkehrosmose (RO)-Reiniger mit > Rückgewinnung von 95 %.

Abgasbehandlungsanlagen: Aktivkohleadsorption oder katalytische Verbrennung, Behandlungswirkungsgrad > 99 %.

Ausrüstung zur Behandlung fester Abfälle: Hochtemperatur-Verbrennungsanlage oder Kompressor, die Behandlungsrate beträgt >90%.

Monitoring-System: Echtzeit-Emissionsüberwachung mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ ppm.

Prozessparameter

Reinigungsmittel: pH 6 bis 8, biologisch abbaubar > 90%.

Wasserrückgewinnungsrate: >95%, gereinigte Wasserqualität < 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Abgasbehandlung: $\text{NO}_x < 10$ ppm, $\text{VOCs} < 5$ ppm.

Reduzierung von Feststoffabfällen: 50 kg pro Tonne Wolfram- (sauberere Produktion), 100 kg für konventionelle >.

Überwachungshäufigkeit: Echtzeit (Abgas, Abfallflüssigkeit), täglich (feste Abfälle).

Technologische Vorteile

Umweltschutz: Reduzierung der Abfallentsorgung um 70 % bis 90 % in Übereinstimmung mit den Umweltvorschriften.

Kosteneinsparungen: Wasser- und Materialrecycling senkt die Betriebskosten um 20 %.

Gesundheit und Sicherheit: Ungiftige Reinigungsmittel reduzieren die Risiken für den Arbeitsschutz.

Compliance: Erfüllt internationale Standards wie REACH und RoHS.

Technische Herausforderungen

Technische Kosten: Hohe Investitionen in Reinigungsgeräte und Überwachungssysteme.

Prozessanpassung: Reinigungsmittel und Umlaufsysteme müssen mit bestehenden Prozessen kompatibel sein.

Komplexe Regulierung: Viele Länder haben unterschiedliche Umweltstandards und müssen flexibel und anpassungsfähig sein.

Ausgewogene Leistung: Waschmittel müssen sowohl wirksam als auch umweltfreundlich sein.

4.3 Wolframtiegel, Kreislaufwirtschaft und Ressourcenmanagement

Circular Economy & Resource Management erreicht Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit in der Wolframtiegelproduktion durch Abfallrecycling, Gas- und Flüssigentsorgung, Lieferkettenoptimierung und Ökobilanzierung.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

4.3.1 Recycling und Wiederverwendung von Wolframschrott

Verfahrensprinzip

Beim Recycling von Wolframschrott werden Verarbeitungsabfälle, Alttiegel und recycelte Materialien durch physikalische Sortierung, chemische Reinigung und metallurgische Behandlung in hochreines Wolframpulver umgewandelt, das in der Produktion wiederverwendet werden kann. Der Recyclingprozess reduziert die Rohstoffgewinnung, wodurch Kosten und Umweltbelastung reduziert werden.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Sortierausrüstung: Magnetabscheider und Wirbelstromabscheider zur Trennung von Wolfram und anderen Metallen.

Chemische Reinigungsausrüstung: Säurelaugungstank und Ionenaustauschersäule, Reinheit > 99,95 %.

Metallurgische Ausrüstung: Vakuumschmelzofen oder Elektrolichtbogenofen, Verarbeitungstemperatur > 3000°C.

Ausrüstung für die Pulveraufbereitung: Kugelmühle und Sprühtrockner mit einer Partikelgröße von 5 bis 20 µm.

Detektionsgeräte: ICP-MS (Verunreinigung < 10 ppm), Partikelgrößenanalysator (Genauigkeit ± 0,1 µm).

Prozessparameter

Rückgewinnungsrate: >90 % (Wolframschrott), >95 % (hochreiner Schrott).

Reinheit: Recyceltes Wolframpulver >99,95%, Verunreinigungen (Fe, Ni) <50 ppm.

Partikelgröße: 5 bis 20 µm, geeignet für Sintern und 3D-Druck.

Energieverbrauch: 5 MWh pro Tonne zurückgewonnenes Wolfram <, 10 MWh > konventionellen Bergbau.

Verarbeitungszeit: 1 bis 2 Tage für Sortierung und Reinigung, 3 bis 5 Tage für die metallurgische Behandlung.

Technologische Vorteile

Ressourceneinsparung: Durch das Recycling von Wolfram wird der Erzabbau um 80 % bis 90 % reduziert.

Kostensenkung: 50 % bis 60 % der Kosten für das Recycling neuer Materialien.

Vorteile für die Umwelt: Reduzierter Bergbauabfall und Energieverbrauch, Reduzierung der CO₂-Emissionen um 70 %.

Dead Loop System: Ermöglicht das Recycling von Abfällen in neue Tiegel.

Technische Herausforderungen

Kontrolle von Verunreinigungen: Nicht-Wolfram-Elemente im Schrott müssen effizient entfernt werden.

Technisch komplex: Chemische Reinigung und metallurgische Behandlung erfordern eine präzise Steuerung.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Abfallvielfalt: Die Zusammensetzung von Abfällen aus unterschiedlichen Quellen ist sehr unterschiedlich und erfordert flexible Prozesse.

Wirtschaftlichkeit: Kleine Recyclinganlagen haben geringe Skaleneffekte und müssen zentralisiert werden.

4.3.2 Behandlung von Abgasen und flüssigen Abfällen im Produktionsprozess

Verfahrensprinzip

Bei der Abgas- und Abfallbehandlung werden Adsorptions-, Katalyse-, Filtrations- und Neutralisationstechnologien eingesetzt, um Schadstoffe (z. B. NO_x, VOCs, saure Abfälle) zu entfernen, die beim Sintern, Verarbeiten und Reinigen entstehen, um sicherzustellen, dass die Emissionen den Umweltstandards entsprechen.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Abgasbehandlung: Aktivkohle-Adsorptionsturm (Adsorptionsrate >99%), katalytischer Verbrennungsofen (Behandlungsrate > 98%).

Abfallbehandlung: Neutralisationsreaktor (pH 6 bis 8), Membranfiltrationssystem (Rückgewinnung > 90%).

Filtrationsausrüstung: Hocheffizienter Schwebstofffilter (HEPA), Partikelgröße < 0,3 µm.

Überwachungsgeräte: Gaschromatographie-Massenspektrometer (GC-MS, Genauigkeit ±0,01 ppm), pH-Meter (Genauigkeit ± 0,01).

Automatische Steuerung: SPS-System, Echtzeit-Anpassung der Verarbeitungsparameter.

Prozessparameter

Abgas:

NO_x: <10 ppm, VOCs: <5 ppm.

Behandlungsrate: >99 % (katalytische Verbrennung), >95 % (Adsorption).

Emissionshäufigkeit: kontinuierliche Überwachung, stündliche Aufzeichnung.

Abfalllauge:

pH-Wert: 6,5 bis 7,5 (nach Neutralisation).

Schwermetalle: <0,1 ppm (Wolfram, Nickel usw.).

Rückgewinnung: >90 % (Wasser), >80 % (Chemikalien).

Energieverbrauch: <0,5 kWh pro Tonne Abgas, <1 kWh pro Tonne Abfalllauge.

Technologische Vorteile

Konforme Emissionen: Erfüllt die EPA-, EU- und GB-Normen ohne Umweltstrafen.

Ressourcenzurückgewinnung: Wasser und Chemikalien in der Abfallflüssigkeit können wiederverwendet werden, wodurch Kosten gesenkt werden.

Umweltschutz: 90% Reduzierung der Schadstoffemissionen und Schutz des Ökosystems.

Automatische Verwaltung: Die Echtzeitüberwachung senkt die Arbeitskosten und verbessert die Effizienz.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Entsorgungskosten: Hocheffiziente Geräte und hohe chemische Kosten.

Vielfalt der Schadstoffe: Die Zusammensetzung von Abgasen und flüssigen Abfällen in unterschiedlichen Prozessen ist komplex, was die Kombination mehrerer Technologien erfordert.

Anforderungen an die Überwachung: Eine kontinuierliche Überwachung erfordert hochpräzise Geräte und Fachleute.

Systemwartung: Filter und Reaktoren müssen regelmäßig ausgetauscht werden, was die Betriebskosten erhöht.

4.3.3 Nachhaltiges Lieferkettenmanagement

Verfahrensprinzip

Nachhaltiges Lieferkettenmanagement reduziert den CO₂-Fußabdruck, die Ressourcenverschwendung und die Umweltbelastung, indem es die Rohstoffbeschaffung, die Logistik und die Zusammenarbeit mit den Lieferanten optimiert. Zu diesen Maßnahmen gehören die umweltfreundliche Beschaffung, die Optimierung der Logistik und die Umweltbewertung von Lieferanten.

Ausrüstung & Werkzeuge

Supply-Chain-Management-System: SAP oder Oracle SCM zur Integration von Beschaffungs-, Bestands- und Logistikdaten.

Tools zur Analyse des CO₂-Fußabdrucks: SimaPro oder GaBi zur Berechnung der Kohlenstoffemissionen in der Lieferkette.

Logistikoptimierungssoftware: Route4Me oder OptimoRoute, um kohlenstoffarme Transportrouten zu planen.

Umweltbewertungssystem: ISO 14001-zertifizierte Plattform zur Bewertung der Umweltleistung von Lieferanten.

Blockchain-Technologie: Erfasst die Herkunft von Rohstoffen, um Transparenz und Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten.

Parameter der Implementierung

Umweltfreundliche Beschaffung: > 80 % der Rohstoffe stammen aus nachhaltigen Quellen (z. B. recyceltes Wolfram oder kohlenstoffarme Mineralien).

CO₂-Fußabdruck: 0,5 Tonnen CO₂ pro Tonne <Emissionen in der Wolframlieferkette.

Logistikeffizienz: 20 % weniger Energieverbrauch im Transportwesen und 90 % > Fahrzeugauslastung.

Lieferantenbewertung: Die Umweltbewertung wird jährlich geprüft und liegt bei > 85 von 100 Punkten.

Datentransparenz: Blockchain-Aufzeichnungen decken 95 % > Lieferkette ab.

Technologische Vorteile

Kohlenstoffarme Versorgung: 50 % bis 70 % Reduzierung der Kohlenstoffemissionen in der Lieferkette.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Kostenoptimierung: 15 % bis 20 % Einsparungen in der Logistik und Bestandsverwaltung.

Compliance: Erfüllen Sie Kunden- und behördliche Umweltaanforderungen.

Markenstärkung: Eine nachhaltige Lieferkette stärkt das Image der sozialen Verantwortung des Unternehmens.

Technische Herausforderungen

Komplexe Koordination: Die globale Lieferkette erfordert die Zusammenarbeit mehrerer Parteien und ist schwer zu verwalten.

Datenerfassung: Es ist schwierig, Umweltdaten von Lieferanten zu standardisieren, und es wird eine einheitliche Plattform benötigt.

Anschaffungskosten: hohe Investitionen in umweltfreundliche Beschaffung und Blockchain-Systeme.

Regulatorische Unterschiede: Die Umweltstandards variieren von Land zu Land und erfordern Flexibilität bei der Anpassung.

4.3.4 Ökobilanz (LCA)

Verfahrensprinzip

Die Ökobilanz (LCA) steuert die Prozessverbesserung und das nachhaltige Design, indem sie die Umweltauswirkungen (z. B. Energieverbrauch, Emissionen, Ressourcenverbrauch) von Wolframtiegeln von der Rohstoffgewinnung bis zum Recycling am Ende ihrer Lebensdauer quantifiziert. Die Ökobilanz umfasst die Phasen Rohstoffe, Produktion, Verwendung und Entsorgung.

Ausrüstung & Werkzeuge

LCA-Software: SimaPro, GaBi oder OpenLCA für mehrdimensionale Daten.

Datenbank: Ecoinvent oder ELCD, die Umweltdaten zu Materialien und Energie liefert.

Computing-Plattform: Ein Hochleistungscomputer, der Terabytes an Daten verarbeitet und < 1 Tag für die Analyse benötigt.

Umweltindikatorensystem: ReCiPe oder TRACI, bewertet den CO₂-Fußabdruck, den Wasser-Fußabdruck usw.

Reporting-Tools: Tableau oder Excel zum Generieren von LCA-Berichten und Diagrammen.

Parameter der Implementierung

Bewertungsumfang: Cradle to Grave, einschließlich Bergbau, Produktion, Nutzung, Recycling.

Umweltindikatoren:

CO₂-Fußabdruck: <2 Tonnen CO₂ pro Tonne Wolfram.

Energieverbrauch: <20 MWh.

Wasserfußabdruck: <500 m³.

Datenquellen: interne Daten (80 %), Ecoinvent-Datenbank (20 %).

Analysezeitraum: jährlich oder pro neuer Produktversion.

Unsicherheit: Der Datenfehler beträgt <10 %, was durch eine Monte-Carlo-Simulation bestätigt wird.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technologische Vorteile

Umfassende Bewertung: Die Ökobilanz deckt Umwelt-Hotspots während des gesamten Lebenszyklus auf und leitet Verbesserungen voran.

Entscheidungsunterstützung: Stellen Sie quantitative Daten zur Verfügung, um Designs und Prozesse zu optimieren.

Compliance: Erfüllt die Normen ISO 14040/14044 und erfüllt die Kundenanforderungen.

Wettbewerb auf dem Markt: Produkte mit geringer Umweltbelastung sind attraktiver.

Technische Herausforderungen

Datenkomplexität: Die mehrstufige Datenerfassung und -integration nimmt viel Zeit in Anspruch.

Modellgenauigkeit: Die externe Datenbank kann von der tatsächlichen Situation abweichen und muss überprüft werden.

Berufliche Anforderungen: LCA erfordert Kenntnisse in Umweltwissenschaften und -technik, und das Team hat eine hohe Schwelle.

Hohe Kosten: Software, Datenbanken und Analysen sind teuer und für KMU schwer zu leisten.

4.4 Erforschung der Spitzentechnologie des Wolframtiegels

Die Erforschung modernster Technologien fördert Durchbrüche in der Leistung von Wolframtiegeln durch die Einführung von Nanomaterialien, Hochentropie-Legierungen, Quantencomputing und biomimetischer Fertigung, um den Anforderungen zukünftiger High-Tech-Anwendungen gerecht zu werden.

4.4.1 Nano-Wolframpulver und ultrafeiner Wolframtiegel

Verfahrensprinzip

Wolfram-Nanopulver (Partikelgröße < 100 nm) wird durch Aufdampfen oder chemische Reduktion zum Sintern von ultrafeinkörnigen Wolframtiegeln (Körnung < 1 μm) hergestellt. Die ultrafeinkörnige Struktur verbessert die Festigkeit, Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit des Tiegels und eignet sich somit für extreme Umgebungen wie Kernfusionsreaktoren.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Herstellung von Nanopulvern: Reaktor zur chemischen Gasphasenabscheidung (CVD) bei 800 °C bis 1200 °C.

Sinterausrüstung: Heißisostatischer Pressofen (HIP) mit einem Druck von 100 bis 200 MPa und einer Temperatur von 1800 °C bis 2200 °C.

Pulverhandhabung: Ultraschall-Dispergierer, um die Agglomeration von Nanopulver zu verhindern.

Detektionsgeräte: Transmissionselektronenmikroskop (TEM, Auflösung $< 0,1$ nm), Partikelgrößenanalysator (Genauigkeit ± 1 nm).

Reinraum: ISO-Klasse 4 (Klasse 10) zur Vermeidung von Nanopulverkontaminationen.

Prozessparameter

Pulverpartikelgröße: 10 bis 100 nm, Gleichmäßigkeit ± 5 nm.

Bedingungen für das Sintern:

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Temperatur: 1800° C bis 2000° C (reduziertes Kornwachstum).

Druck: 150 MPa (HIP).

Dauer: 1 bis 3 Stunden.

Korngröße: 0,5 bis 1 μ m (ultrafeines Korn), konventionell > 10 μ m.

Dichte: >99,5%, Porosität <0,1%.

Leistungsverbesserung: Festigkeit > 1000 MPa (traditionell < 800 MPa),

Temperaturwechselbeständigkeit > 1000 Zyklen.

Technologische Vorteile

Hohe Leistung: 30 bis 50 Prozent höhere Festigkeit und Zähigkeit von ultrafeinen Tiegeln.

Beständig gegen extreme Umgebungen: 2-mal widerstandsfähiger gegen Temperaturschocks und Strahlung, geeignet für nukleare Anwendungen.

Feine Struktur: Nanopulver unterstützt komplexe Geometrien und ist für den 3D-Druck geeignet.

Lange Lebensdauer: Die Lebensdauer wird um 50 % verlängert, wodurch die Wiederbeschaffungskosten gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Pulverkosten: Der Preis für Nano-Wolframpulver ist 5- bis 10-mal so hoch wie der für gewöhnliches Pulver.

Aggregationsproblem: Nanopulver lässt sich leicht agglomerieren, und es ist eine spezielle Dispersionstechnologie erforderlich.

Schwierigkeit beim Sintern: Ultrafeine Kristalle müssen die Temperatur und den Druck genau steuern, und die Anforderungen an die Ausrüstung sind hoch.

Großmaßstab: Eine großtechnische Anwendung der Nanopulverherstellung und des Sinterns wurde noch nicht realisiert.

4.4.2 Hochentropie-Legierungen und Komposittiegel

Verfahrensprinzip

Hochentropie-Legierungen (HEAs) bestehen aus fünf oder mehr Metallen (z. B. Wolfram, Molybdän, Niob, Tantal, Zirkonium) in nahezu äquimolaren Verhältnissen und weisen eine ausgezeichnete Hochtemperaturfestigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Kriechbeständigkeit auf. Verbundtiegel kombinieren Wolfram mit Keramik (z. B. SiC, ZrC) oder Kohlenstoffmaterialien (z. B. Graphen), um die Korrosionsbeständigkeit und thermische Stabilität zu verbessern.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Legierungsvorbereitung: Vakuum-Lichtbogenschmelzofen, Temperatur > 3000°C, Vakuumgrad 10^{-5} Pa.

Composite-Molding: Heißpress-Sinterofen mit einem Druck von 50 bis 100 MPa und einer Temperatur von 2000°C.

Pulvermischung: Planetenmühle, Gleichmäßigkeit $\pm 1\%$.

Prüfgeräte: XRD (Phasenanalyse), REM (Mikrostruktur), Hochtemperaturprüfmaschine (Leistungstest).

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Verarbeitungs-ausrüstung: Laserschneidmaschine (Genauigkeit $\pm 0,01$ mm), CNC-Schleifmaschine (Oberflächenrauheit $Ra < 0,1 \mu\text{m}$).

Prozessparameter

Legierungen mit hoher Entropie:

Zusammensetzung: W-Mo-Nb-Ta-Zr (molares Verhältnis 1:1:1:1:1).

Schmelzzeiten: 3 bis 5 mal, um Gleichmäßigkeit zu gewährleisten.

Leistung: Festigkeit > 1500 MPa (2000°C), antioxidative Temperatur $> 1800^\circ\text{C}$.

Verbundwerkstoffe:

Zusammensetzung: Wolfram + 20% SiC oder 5% Graphen.

Sinterbedingungen: 2000°C , 80 MPa, 2 Stunden.

Eigenschaften: Härte $> \text{HV } 3000$, Wärmeleitfähigkeit $> 100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$.

Dichte: $> 99\%$, Porosität $< 0,5\%$.

Technologische Vorteile

Ultrahohe Leistung: HEA-Tiegel sind bei 2000°C doppelt so stark wie reines Wolfram.

Vielseitigkeit: Verbundwerkstoffe vereinen Härte, Wärmeleitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Beständig gegen extreme Umgebungen: Geeignet für die Fusions-, Luft- und Raumfahrt- und Chemieindustrie.

Designflexibilität: Einstellbare Legierungs- und Verbundverhältnisse, um spezifische Anforderungen zu erfüllen.

Technische Herausforderungen

Schwierigkeiten bei der Zubereitung: HEA muss viele Male geschmolzen werden, und die Kontrolle der Zusammensetzung ist komplex.

Kompatibilitätsprobleme: Verbundwerkstoffe weisen große Unterschiede in den Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, was leicht zu Rissbildung führen kann.

Hohe Kosten: Hochreine Metalle und Nanokeramiken sind teuer.

Schwierigkeit bei der Verarbeitung: Das Formen und die Nachbearbeitung von Materialien mit hoher Härte erfordern spezielle Prozesse.

4.4.3 Anwendung von Quantencomputing im Materialdesign

Verfahrensprinzip

Quantencomputing verwendet Qubits und Quantenalgorithmen wie Variational Quantum Intrinsic Solvers (VQEs), um das Verhalten von Wolframtiegelmaterialien auf atomarer Ebene zu simulieren und so Legierungsverhältnisse, Kristallstrukturen und Leistungsvorhersagen zu optimieren. Quantencomputing ist hundertmal schneller als klassisches Computing und beschleunigt die Entwicklung neuer Materialien.

Anforderungen an die Ausrüstung:

Quantenrechner: supraleitende Quantenprozessoren (> 100 Qubits) wie IBM Quantum oder Google

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Sycamore.

Klassischer Rechencluster: unterstützt die Datenverarbeitung mit einer Rechenleistung von > 1 PFLOPS.

Simulationssoftware: Qiskit, Cirq oder Pennylane für quantenklassisches Hybrid-Computing.

Datenbank: Materials Project, das Wolfram- und Legierungsdaten bereitstellt.

Prüfmittel: Synchrotronstrahlungs-Lichtquelle (zur Überprüfung der Simulationsergebnisse), TEM (atomare Ebenenstruktur).

Prozessparameter

Qubits: 50 bis 200 Qubits mit einer Fehlerquote von $< 0,1$ %.

Simulationsmaßstab: $> 10^4$ Atome, Simulationszeit < 1 Stunde (klassische Berechnungen > 1 Woche).

Algorithmen: VQE (Strukturoptimierung), Quantum Monte Carlo (Leistungsvorhersage).

Genauigkeit: Energieberechnungsfehler $< 0,01$ eV, Strukturfehler $< 0,1$ Å.

Dateneingabe: Kristall- und elektronische Strukturdaten für Wolfram, Legierungen und Verbundwerkstoffe.

Technologische Vorteile

Rapid Design: Die Entwicklungszyklen neuer Materialien wurden von Jahren auf Monate verkürzt.

Hohe Genauigkeit: Der Vorhersagefehler der Quantensimulation beträgt < 1 %, was besser ist als der klassischer Methoden.

Komplexe Systeme: Simulieren Sie Legierungen und Nanostrukturen mit hoher Entropie und erweitern Sie die Grenzen des klassischen Computings.

Innovationsgetrieben: Beschleunigen Sie die hohe Leistung von Wolframtiegeln, um zukünftige Anforderungen zu erfüllen.

Technische Herausforderungen

Geräteknappheit: Die Anzahl der Quantenrechner ist begrenzt und der Zugang zu teuer.

Technologischer Reifegrad: Quantencomputing befindet sich derzeit in einem frühen Stadium, und die Fehlerquote muss weiter gesenkt werden.

Datenanforderungen: Die Simulation erfordert qualitativ hochwertige experimentelle Daten, die nur schwer zu beschaffen sind.

Profis: Quantencomputing erfordert interdisziplinäre Kenntnisse in Physik, Informatik und Materialwissenschaften.

4.4.4 Bioinspirierte Werkstoffe und biomimetische Fertigung

Verfahrensprinzip

Bioinspirierte Materialien ahmen die Hochleistungsstrukturen der Natur nach (z. B. Schichtstruktur von Schalen, poröses Design von Knochen), um wolframbasierte Materialien mit Selbstheilung, Leichtbau und hoher Festigkeit zu entwickeln. Bei der biomimetischen Fertigung werden 3D-Druck und Selbstorganisationstechnologie verwendet, um biologische Strukturen zu replizieren und neue Wolframtiegel herzustellen.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Anforderungen an die Ausrüstung:

3D-Druckausrüstung: SLM-Drucker aus mehreren Materialien, der Wolfram- und Keramikverbundwerkstoffe unterstützt.

Selbstorganisierendes System: Nano-Manipulationsplattform zur Kontrolle der Struktur auf molekularer Ebene (Genauigkeit < 1 nm).

Biomimetische Designsoftware: BioMimikry oder CAD zur Simulation biologischer Strukturen.

Detektionsgeräte: AFM (Oberflächenstruktur, Auflösung < 0,1 nm), Mikro-CT (innere Struktur).

Experimentelle Ausrüstung: Hochtemperaturprüfmaschine (Prüfung der Selbstheilungsleistung), Ermüdungsprüfmaschine.

Prozessparameter

Materialzusammensetzung: Wolfram + Nanokeramiken (z.B. ZrC) oder Polymere, Verhältnis 10:1 bis 5:1.

Druck-Parameter:

Schichtdicke: 10 bis 50 µm.

Laserleistung: 500 bis 1000 W.

Druckgeschwindigkeit: 0,5 bis 2 m/s.

Selbstmontage:

Temperatur: 25 °C bis 100 °C (molekulare Selbstorganisation).

Dauer: 1 bis 24 Stunden.

Strukturgröße: 1 nm bis 100 µm.

Leistung:

Festigkeit: >1200 MPa.

Selbstheilungsrate: >80% (Reparatur von Mikrorissen).

Gewicht: 10 % bis 20 % leichter als reines Wolfram.

Technologische Vorteile

Hohe Leistung: Die biomimetische Struktur erhöht die Festigkeit und Zähigkeit um 30 % bis 40 %.
Selbstheilung: Mikrorisse werden automatisch repariert und die Lebensdauer um das 2-fache verlängert.

Geringes Gewicht: Poröse oder geschichtete Designs reduzieren das Gewicht um 15 % und den Energieverbrauch.

Umweltfreundlich: Biomimetische Materialien reduzieren den Ressourcenverbrauch und stehen im Einklang mit einer umweltfreundlichen Herstellung.

Technische Herausforderungen

Technisch komplex: Biomimetisches Design und Selbstorganisation erfordern interdisziplinäre Technik.

Schwierigkeit bei der Herstellung: Die Präzision der nanoskaligen Strukturkontrolle ist extrem hoch.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

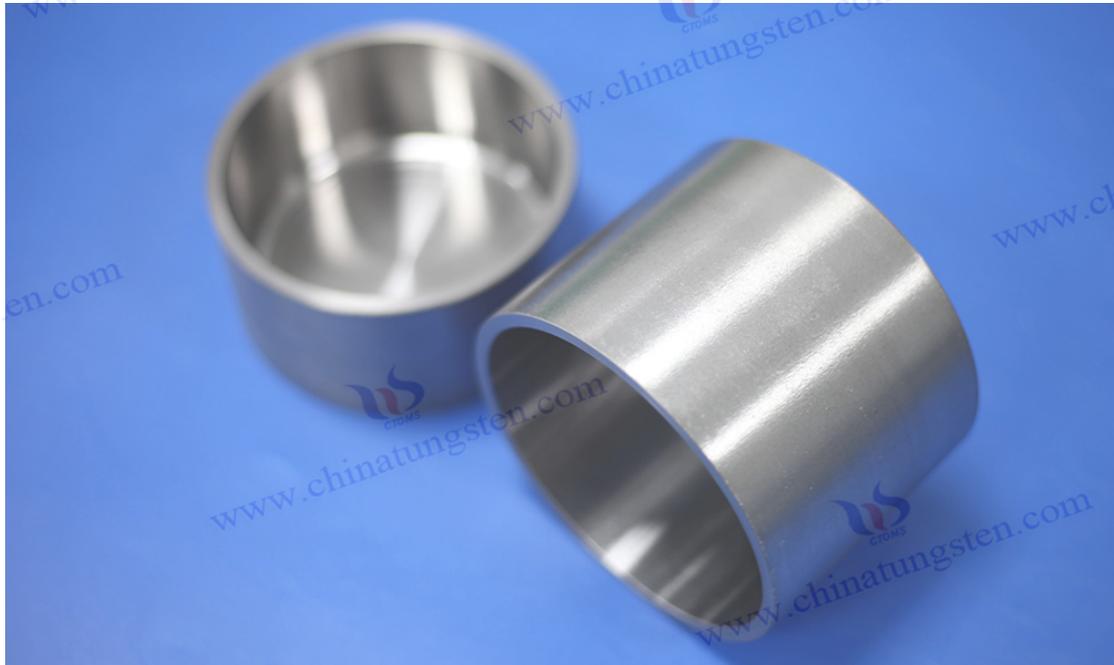
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Hohe Kosten: Die Investitionen in 3D-Druck und Selbstmontageausrüstung sind groß und die Kommerzialisierung schwierig.

Verifizierungszyklus: Neue Materialien müssen lange getestet werden, und die Anwendung und Förderung erfolgt nur langsam.



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

CTIA GROUP LTD

Tungsten Crucible Introduction

1. Overview of Tungsten Crucibles

Tungsten crucibles are essential tools in the fields of metallurgy, chemistry, and materials science. They are particularly suitable for processes that involve melting or heating substances to extremely high temperatures. Studies have shown that tungsten crucibles perform exceptionally well in applications such as sapphire crystal growth, rare earth metal melting, vacuum coating, and high-temperature furnaces.

2. Features of Tungsten Crucibles

Ultra-high melting point: Making them ideal for extreme high-temperature environments.

High purity: purity of $\geq 99.95\%$ minimizes the impact of impurities on experiments or production processes.

Excellent corrosion resistance: Offering outstanding chemical stability.

High density and low vapor pressure: Ensuring material stability.

High strength and wear resistance: Ensuring long service life.

Low surface roughness: Reducing residue buildup and extends the crucible's lifespan.

3. Applications of Tungsten Crucibles

Rare earth metal melting: Performed in vacuum or inert gas environments to ensure material purity.

Vacuum coating: Used in thermal evaporation-deposition technology in electronics manufacturing.

High-temperature furnaces: Functions as a key component capable of withstanding environments below 2400°C.

Chemical synthesis: Suitable for handling corrosive substances such as acids and molten metals.

Metal smelting and refining: Used for melting and refining high-purity metals.

Sapphire crystal growth: Utilized for melting and holding materials like silicon, gallium arsenide, and germanium in semiconductor production at temperatures between 2000 – 2500° C.

4. Specifications of Tungsten Crucibles

Specification	Details
Material	Pure tungsten or tungsten alloy
Purity	99.95%
Diameter	20–620 mm
Height	20–500 mm
Wall Thickness	3.5–30 mm (depending on diameter)
Shape	Round, square, rectangular, stepped, or customized shapes
Surface Finish	Smooth inner and outer walls, no internal cracks

5. Purchasing Information

Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Kapitel 5 Anwendungen des Wolframtiegels

Wolframtiegel spielen aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts (3422 °C), ihrer hervorragenden Hochtemperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und hohen Härte eine Schlüsselrolle in einer Reihe von High-Tech-Bereichen. In diesem Kapitel wird das breite Anwendungsspektrum von Wolframtiegeln in der metallurgischen Industrie, der Halbleiter- und Elektronikindustrie, der chemischen Industrie, der wissenschaftlichen Forschung, der Luft- und Raumfahrt und Verteidigung, der Energieindustrie sowie in neuen und interdisziplinären Anwendungen ausführlich untersucht und eine eingehende Analyse der Prozessanforderungen, Leistungsindikatoren, Vorteile und Herausforderungen jedes Anwendungsszenarios bereitgestellt.

5.1 Metallurgische Industrie

Wolframtiegel werden in der metallurgischen Industrie zum Hochtemperaturschmelzen, zur Legierungsvorbereitung und zur Pulvermetallurgie eingesetzt, um den hohen Anforderungen von Seltenerdmetallen, Edelmetallen, Superlegierungen und der Metallpulverumformung gerecht zu werden. Sein hoher Schmelzpunkt und seine chemische Stabilität machen es zu einem unersetzlichen Behälter unter extremen Bedingungen.

5.1.1 Verhüttung von Seltenerdmetallen und Edelmetallen

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden zum Schmelzen von Seltenerdmetallen (z. B. Lanthan, Cer, Neodym) und Edelmetallen (z. B. Gold, Platin, Rhodium) im Vakuum oder in inerter Atmosphäre verwendet, um eine hohe Reinheit und keine Kontamination zu gewährleisten. Seltenerdmetalle werden häufig in magnetischen Materialien und Katalysatoren verwendet, und Edelmetalle werden in Schmuck und in der industriellen Katalyse verwendet.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturbeständigkeit: Hält 1800 °C bis 2800 °C stand, um eine Verformung oder Schmelze des Tiegels zu verhindern.

Chemisch inert: nicht reaktiv gegenüber geschmolzenen Seltenen Erden und Edelmetallen, Verunreinigungen, die < 10 ppm eingebracht werden.

Oberflächenbeschaffenheit: $Ra < 0,1 \mu m$, reduziert die Metallhaftung.

Dimensionsstabilität: Wärmeausdehnungskoeffizient $< 4,5 \times 10^{-6}/K$, Maßabweichung $< 0,05 mm$.

Lebensdauer: > 50 Schmelzyklen, Gleichmäßigkeit der Wandstärke $\pm 0,02 mm$.

Technologische Vorteile

Hohe Reinheit: Der Wolframtiegel gewährleistet eine Reinheit von $> 99,99 \%$ des geschmolzenen Metalls, was den Anforderungen von High-End-Anwendungen entspricht.

Korrosionsschutz: Beständig gegen die starke Reduktion von Seltenerdmetallen und verlängert die Lebensdauer.

Effiziente Wärmeübertragung: Wärmeleitfähigkeit $> 100 W/m \cdot K$, gleichmäßige Erwärmung der Schmelze.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Kundenspezifisch: Tiegel mit Durchmessern von 50 bis 500 mm können für verschiedene Ofentypen hergestellt werden.

Technische Herausforderungen

Hohe Temperaturbelastung: Wiederholte Temperaturwechsel können zu Mikrorissen führen, die eine optimierte Wärmebehandlung erfordern.

Hohe Kosten: Hochreine Wolframtiegel sind teuer, und es ist notwendig, Leistung und Wirtschaftlichkeit in Einklang zu bringen.

Komplexe Reinigung: Die Rückstände nach dem Schmelzen müssen in mehreren Stufen gereinigt werden, was den Prozess erschwert.

Größenbeschränkungen: Extra große Tiegel (>500 mm) sind schwierig herzustellen und die Kosten verdoppeln sich.

5.1.2 Herstellung von Superlegierungen und Superlegierungen

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden beim Vakuuminduktionsschmelzen (VIM) oder Lichtbogenschmelzen von Superlegierungen (z. B. Nickelbasis- und Kobaltbasislegierungen) und Superlegierungen zur Herstellung von Turbinenschaufeln für Flugzeugtriebwerke, Gasturbinenkomponenten usw. verwendet. Superlegierungen werden zwischen 1600 °C und 2000 °C geschmolzen, und Wolframtiegel sorgen für eine stabile Hochtemperaturumgebung.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturbeständigkeit: Hält mehr als 2000 °C stand, Temperaturwechselbeständigkeit > 500 Zyklen.

Antioxidationsmittel: Sauerstoffgehalt < 5 ppm in Vakuum- oder Argonatmosphäre.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 800 MPa, um Verformungen bei hohen Temperaturen zu verhindern.

Gleichmäßigkeit der Wandstärke: $\pm 0,01$ mm, um die Konsistenz des thermischen Feldes zu gewährleisten.

Abriebfestigkeit: Härte > HV 400, Beständigkeit gegen Schmelzerosion.

Technologische Vorteile

Hohe Temperaturstabilität: Der Wolframtiegel hält die Struktur bei 2000 °C intakt und die Verformungsrate < 0,1 %.

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit Nickel, Kobalt oder zugesetzten Elementen (z. B. Niob, Tantal).

Lange Lebensdauer: Es kann 30 bis 50 Mal wiederverwendet werden, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Effiziente Produktion: Unterstützen Sie das Schmelzen von Legierungen in großen Stückzahlen, um die Anforderungen der Luft- und Raumfahrt zu erfüllen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Thermische Belastung: Hohe Temperaturwechsel führen zu einer Spannungsansammlung, die durch Nachbehandlung beseitigt werden muss.

Verunreinigung der Legierung: Spuren von Wolframauflösung können die Eigenschaften der Superlegierung beeinträchtigen, und eine Oberflächenbeschichtung ist erforderlich.

Schwierigkeit bei der Herstellung: Großformatige Tiegel (>300 mm) müssen präzise gesintert werden, und die Kosten sind hoch.

Hoher Energieverbrauch: Das Hochtemperaturschmelzen verbraucht viel Energie, daher ist es notwendig, das Design des thermischen Feldes zu optimieren.

5.1.3 Metallpulvermetallurgie und Spritzguss

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden im Sinterprozess der Metallpulvermetallurgie (PM) und des Metallspritzgusses (MIM) zur Herstellung von Hochleistungsteilen (z. B. Wolframlegierungskomponenten, Hartmetallwerkzeuge) verwendet. Der Tiegel hält Wolframpulver oder andere Metallpulver bei hohen Temperaturen und stellt so die Qualität des Sinterns sicher.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturbeständigkeit: 1600 °C bis 2200 °C, Temperaturwechselbeständigkeit > 300 Zyklen.

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit Pulvern oder Bindemitteln, Verunreinigungen < 20 ppm.

Maßgenauigkeit: Innendurchmessertoleranz $\pm 0,02$ mm, geeignet für Präzisionsformen.

Oberflächenqualität: $Ra < 0,2 \mu\text{m}$, um ein Anhaften des Pulvers zu verhindern.

Wärmeleitfähigkeit: $> 120 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, gleichmäßiges Sintern.

Technologische Vorteile

Hohe Konsistenz: Der Tiegel bietet ein gleichmäßiges thermisches Feld mit einer Dichte von > 99 % Sinterteilen.

Haltbarkeit: Es kann mehreren Sinterzyklen standhalten und hat eine Lebensdauer > 200-fachen.

Flexibilität: Unterstützt eine breite Palette von Pulvern (z. B. Wolfram, Molybdän, Kobalt) für verschiedene Prozesse.

Effiziente Produktion: Verkürzen Sie die Sinterzeit und erhöhen Sie die Teileausbeute.

Technische Herausforderungen

Pulververunreinigung: Die Verflüchtigung des Bindemittels kann den Tiegel verunreinigen und muss regelmäßig gereinigt werden.

Wärmeausdehnung: Der Unterschied in der Wärmeausdehnung zwischen dem Tiegel und dem Pulver kann zu Spannungen führen, und das Design muss optimiert werden.

Anforderungen an die Miniaturisierung: Es ist schwierig, kleine Tiegel (<50 mm) für MIM herzustellen.

Kostenkontrolle: Bei Hochleistungstiegeln müssen Leistung und Wirtschaftlichkeit in Einklang gebracht werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

5.2 Halbleiter- und Elektronikindustrie

Wolframtiegel werden in der Halbleiter- und Elektronikindustrie für die Kristallzüchtung, die Verbindungshalbleitervorbereitung, die Dünnschichtabscheidung und das Wärmemanagement eingesetzt und erfüllen mit ihrer hohen Reinheit und hohen Temperaturbeständigkeit die strengen Anforderungen der Mikroelektronikindustrie an Materialreinheit und -stabilität.

5.2.1 Kristallzüchtung von monokristallinem Silizium und Saphir (Czochralski-Methode, Kyropoulos-Methode)

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden in den Verfahren Czochralski (CZ) und Kyropoulos (KY) für die Züchtung von monokristallinem Silizium und Saphir (Al_2O_3), für die Herstellung von Siliziumwafern (Photovoltaik, integrierte Schaltkreise) und Saphirsubstrate (LEDs, Laser) verwendet. Tiegel sind hohen Temperaturen von 1600 °C bis 2000 °C und Schmelzkorrosion ausgesetzt.

Leistungsanforderungen

Ultrahohe Reinheit: Wolframreinheit > 99,999 % und Verunreinigungen < 1 ppb, um Kristalldefekte zu vermeiden.

Hohe Temperaturbeständigkeit: 1800 °C bis 2000 °C, Temperaturschock > 1000 mal.

Oberflächengüte: $R_a < 0,05 \mu\text{m}$, reduziert Kristalleinschlüsse.

Dimensionsstabilität: Durchmesser 100 bis 500 mm, Wanddickenabweichung $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Korrosionsbeständig: Beständig gegen chemische Angriffe durch geschmolzenes Silizium und Aluminiumoxid.

Technologische Vorteile

Hochreine Kristalle: Wolframtiegel reduzieren den Eintrag von Verunreinigungen auf 0,1 ppb und < Kristalldefektrate von 0,01 %.

Lange Lebensdauer: Es kann 50 bis 100 Mal wiederverwendet werden, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Gleichmäßiges Wärmefeld: Wärmeleitfähigkeit > 110 W/m·K, um ein gleichmäßiges Kristallwachstum zu gewährleisten.

Große Unterstützung: Erfüllen Sie die Anforderungen von 300-mm-Siliziumwafern und großen Saphirkristallen.

Technische Herausforderungen

Verformung bei hohen Temperaturen: Langfristig hohe Temperaturen können zu einer Mikroverformung des Tiegels führen, und die Wandstärke muss optimiert werden.

Silikonhaftung: Geschmolzenes Silizium kann an Tiegeln haften und erfordert eine spezielle Beschichtung oder Reinigung.

Hohe Kosten: Ultrahochreiner Wolframtiegel hat hohe Herstellungskosten und muss in großem Maßstab hergestellt werden.

Thermische Belastung: Schneller Temperaturanstieg und -abfall kann zu Rissen führen, und die Temperaturregelung muss schrittweise gesteuert werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

5.2.2 Herstellung von Verbindungshalbleitermaterialien (GaAs, GaN)

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden in der Flüssigphasenepitaxie (LPE) oder in der horizontalen Brinell (HB) verwendet, um Verbindungshalbleiter wie Galliumarsenid (GaAs, 5G-Chips), Galliumnitrid (GaN, Leistungsbaulemente) zu züchten. Tiegel müssen 1400 °C bis 1800 °C und korrosiven Schmelzen standhalten.

Leistungsanforderungen

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit geschmolzenem Gallium, Arsen oder Stickstoff, Verunreinigungen < 5 ppb.

Hohe Temperaturbeständigkeit: 1500 °C bis 1800 °C, Temperaturschock > 500-mal.

Oberflächenqualität: Ra<0,1 µm, um Kristalldefekte zu vermeiden.

Maßgenauigkeit: Innendurchmessertoleranz ±0,02 mm, geeignet für präzises Kristallwachstum.

Antioxidation: Sauerstoffgehalt < 1 ppm im Vakuum oder in inerter Atmosphäre.

Technologische Vorteile

Hochreine Kristalle: Der Tiegel sorgt für > Reinheit von 99,9999 % von GaAs und GaN.

Effizientes Wachstum: Gleichmäßiges thermisches Feld erhöht die Kristallausbeute um 20 %.

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen starke Korrosion von Arsen und Gallium, mit einer Lebensdauer > 50-fachen.

Anpassung: Unterstützt kleine (50 mm) bis mittlere (200 mm) Tiegel.

Technische Herausforderungen

Korrosionsrisiko: Geschmolzenes Arsen kann den Tiegel erodieren und erfordert eine Oberflächenverstärkung.

Atmosphärenkontrolle: Es wird hochreines Inertgas benötigt, was die Betriebskosten erhöht.

Kleinere Defekte: Eine etwas höhere Oberflächenrauheit kann zu Kristallversetzungen führen.

Hohe Kosten: Der Preis für hochreine Wolframtiegel ist hoch, und der Produktionsprozess muss optimiert werden.

5.2.3 PVD und CVD

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden für die physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) und die chemische Gasphasenabscheidung (CVD) verwendet, um Dünnschichtmaterialien (z. B. Metalle, Keramiken, Oxide) für die Chipherstellung, Displays und optische Beschichtungen zu verdampfen oder reaktiv abzuscheiden. Tiegel müssen 1200 °C bis 2000 °C und reaktiven Gasen standhalten.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturstabilität: 1500 °C bis 2000 °C ohne Verflüchtigung oder Zersetzung.

Chemisch inert: Beständig gegen Reaktionsgase wie Chlorid und Fluorid, Verunreinigungen < 10 ppb.

Wärmeleitfähigkeit: >100 W/m·K für eine gleichmäßige Verdampfung.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Größenbereich: Durchmesser 20 bis 200 mm, Wandstärke 1 bis 5 mm.

Oberflächenbeschaffenheit: Ra <0,2 µm, um Materialspritzer zu verhindern.

Technologische Vorteile

Hochreine Folien: Tiegel führen Verunreinigungen von bis zu 1 ppb ein, um die Chipanforderungen zu erfüllen.

Effiziente Abscheidung: Das gleichmäßige thermische Feld erhöht die Abscheidungsrate um 30 %.

Multimaterial-Träger: Geeignet für das Verdampfen von Titan, Aluminium, Silikon und anderen Materialien.

Lange Lebensdauer: Es kann mehr als 100 Mal wiederverwendet werden, was die Kosten senkt.

Technische Herausforderungen

Gaskorrosion: CVD-Reaktionsgase können Tiegel korrodieren und müssen durch Beschichtungen geschützt werden.

Temperaturregelung: Eine präzise Temperaturregelung (± 2 °C) ist erforderlich, um eine ungleichmäßige Ablagerung zu vermeiden.

Miniaturisierung: Mikrotiegel (<20 mm) sind schwierig herzustellen und kostspielig.

Komplexe Reinigung: Die abgelagerten Rückstände müssen in mehreren Stufen gereinigt werden, was den Prozess erhöht.

5.2.4 Mikroelektronisches Packaging und Wärmemanagement

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden für das Hochtemperaturesintern und das Wärmemanagement in mikroelektronischen Gehäusen, zur Vorbereitung von Substraten mit hoher Wärmeleitfähigkeit (z. B. Wolfram-Kupfer-Verbundwerkstoffe) oder Kühlkörpern verwendet und werden in Hochleistungschips und LED-Gehäusen verwendet. Tiegel müssen 1000 °C bis 1500 °C standhalten.

Leistungsanforderungen

Wärmeleitfähigkeit: >120 W/m·K, schnelle Wärmeableitung.

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit Kupfer, Silber und anderen Verkapselungsmaterialien, Verunreinigungen < 20 ppm.

Maßgenauigkeit: Toleranz $\pm 0,01$ mm, geeignet für Präzisionsformen.

Oberflächenqualität: Ra <0,1 µm, verhindert das Anhaften von Material.

Temperaturwechselbeständigkeit: > 300 Zyklen, keine Risse.

Technologische Vorteile

Effiziente Wärmeableitung: Es unterstützt den Betrieb von Hochleistungschips mit einem thermischen Widerstand von < 0,5 K/W.

Hohe Zuverlässigkeit: Der Tiegel sorgt dafür, dass die Reinheit des Verkapselungsmaterials 99,99 % >.

Miniaturisierung: Unterstützt den Mikrotiegel (<30 mm) zur Anpassung an die Chipverpackung.

Lange Lebensdauer: 50- bis 80-fache Wiederverwendung, wodurch Kosten gesenkt werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Mikrofertigung: Kleine Tiegel erfordern eine hochpräzise Bearbeitung und sind kostspielig.
Wärmeausdehnung: Der Unterschied in der Wärmeausdehnung zwischen Wolfram und dem Verkapselungsmaterial kann zu Spannungen führen.
Oberflächenkontamination: Eine ultrareine Umgebung ist erforderlich, um Feinstaubbelastung zu vermeiden.
Kontrolle des Energieverbrauchs: Das Hochtemperaturesintern hat einen hohen Energieverbrauch, und der Prozess muss optimiert werden.

5.3 Chemische Industrie

Wolframtiegel werden in der chemischen Industrie für die Hochtemperatur-Katalysatorsynthese, starke korrosive Reaktionen und hochreine chemische Raffination verwendet, und ihre Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität erfüllen die Anforderungen rauer chemischer Umgebungen.

5.3.1 Hochtemperatur-Katalysatorsynthese

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden in Hochtemperatursynthesekatalysatoren (z. B. Katalysatoren auf Platin- und Palladiumbasis), in der Petrochemie und in der Umweltschutzkatalyse eingesetzt. Tiegel müssen 1200 °C bis 1800 °C und reaktiven Gasen (z. B. Ammoniak, Chlor) standhalten.

Leistungsanforderungen

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen saure, alkalische und oxidierende Gase, der Oberflächenverlust $< 0,01$ mm/Jahr.
Hohe Temperaturbeständigkeit: 1500 °C bis 1800 °C, Temperaturschock > 200 -fach.
Chemisch inert: reagiert nicht mit Katalysatorvorläufern, Verunreinigungen < 10 ppm.
Oberflächenbeschaffenheit: $R_a < 0,2 \mu\text{m}$, um eine Adhäsion des Katalysators zu verhindern.
Größenbereich: Durchmesser 50 bis 300 mm, Wandstärke 2 bis 10 mm.

Technologische Vorteile

Hochreiner Katalysator: Der Tiegel reduziert den Eintrag von Verunreinigungen auf 5 ppm und sorgt so für eine katalytische Effizienz.
Haltbarkeit: Es kann mehr als 50 Mal wiederverwendet werden, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.
Gleichmäßige Erwärmung: Wärmeleitfähigkeit > 100 W/m·K für eine verbesserte Synthesekonsistenz.
Flexibilität: Unterstützt eine breite Palette von Katalysatorsystemen (z. B. Edelmetalle, Oxide).

Technische Herausforderungen

Gaskorrosion: Chlor oder Ammoniak können den Tiegel erodieren und erfordern eine Oberflächenverstärkung.
Verflüchtigung bei hohen Temperaturen: Einige Katalysatorvorläufer können sich ablagern und

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

müssen regelmäßig gereinigt werden.

Hohe Kosten: Hochkorrosionsbeständige Wolframtiegel sind teuer in der Herstellung und müssen optimiert werden.

Atmosphärenkontrolle: Es wird hochreines Inertgas benötigt, was die Betriebskosten erhöht.

5.3.2 Stark korrosive chemische Reaktionsgefäße

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden als Behälter für stark korrosive chemische Reaktionen zur Behandlung von starken Säuren (wie Salpetersäure, Flusssäure), starken Laugen oder Hochtemperatur-Salzschnmelzen bei der Herstellung von Spezialchemikalien verwendet. Tiegel müssen 1000 °C bis 1600 °C und extremen chemischen Umgebungen standhalten.

Leistungsanforderungen

Korrosionsbeständig: Beständig gegen Chemikalien pH 0 bis 14 mit einer Korrosionsrate von <0,005 mm/Jahr.

Hohe Temperaturstabilität: 1200 °C bis 1600 °C, keine Verflüchtigung oder Zersetzung.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 600 MPa, verhindert den Bruch des Behälters.

Oberflächenqualität: Ra <0,1 µm, reduziert Reaktantenrückstände.

Gleichmäßigkeit der Wandstärke: ±0,02 mm, um die Druckbeständigkeit zu gewährleisten.

Technologische Vorteile

Extrem korrosionsbeständig: unterstützt starke Säure-Base-Reaktionen, Tiegellebensdauer > 100-fach.

Hohe Sicherheit: Chemisch inert sorgt für kontaminationsfreie Reaktionsprozesse.

Vielseitig: Geeignet für geschmolzenes Salz, saure Lösungen und Hochtemperaturgasreaktionen.

Effiziente Produktion: Gleichmäßiges thermisches Feld erhöht die Reaktionsgeschwindigkeit um 20 %.

Technische Herausforderungen

Extreme Korrosion: Flusssäure kann Mikrokorrosion verursachen und erfordert eine spezielle Beschichtung.

Schwierigkeit bei der Reinigung: Der Reaktionsrückstand muss in mehreren Stufen gereinigt werden, was den Prozess erhöht.

Hohe Temperaturbelastung: Schnelles Hoch- und Absinken der Temperatur kann zu Rissen führen, und die Wärmebehandlung muss optimiert werden.

Hohe Kosten: Hochkorrosionsbeständige Tiegel erfordern ultrahochreines Wolfram, was teuer ist.

5.3.3 Raffination und Raffination von hochreinen Chemikalien

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden für die Vakuumdestillation oder Sublimation von hochreinen Chemikalien (wie z.B. hochreines Silizium, Bor, Phosphor) in der Halbleiter- und Photovoltaikindustrie eingesetzt. Der Tiegel muss ultrahochreine und frei von Verunreinigungen sein.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Leistungsanforderungen

Ultrahohe Reinheit: Wolframreinheit > 99,9999 %, Verunreinigungen < 0,1 ppb.
Hohe Temperaturbeständigkeit: 1400 °C bis 1800 °C, Temperaturschock > 300-fach.
Oberflächenbeschaffenheit: Ra<0,05 µm, verhindert chemisches Anhaften.
Chemische Stabilität: reagiert nicht mit Dämpfen oder Schmelzen, verunreinigt < 1 ppb.
Maßgenauigkeit: Toleranz ± 0,01 mm, geeignet für Präzisionsgeräte.

Technologische Vorteile

Ultrahohe Reinheit: Der Tiegel reduziert chemische Verunreinigungen auf 0,05 ppb, um die Halbleiteranforderungen zu erfüllen.
Lange Lebensdauer: Kann 80 bis 120 Mal wiederverwendet werden, wodurch die Kosten gesenkt werden.
Effiziente Raffination: Ein gleichmäßiges thermisches Feld verbessert die Raffinationseffizienz um 25 %.
Anpassung: Unterstützt kleine (20 mm) bis mittlere (150 mm) Tiegel.

Technische Herausforderungen

Anforderungen an die Ultra-Reinigung: Die Produktion und Reinigung von Reinräumen der ISO-Klasse 4 ist erforderlich.
Verflüchtigung bei hohen Temperaturen: Spuren der Wolframverflüchtigung können Chemikalien kontaminieren und müssen durch Beschichtungen geschützt werden.
Schwierigkeit bei der Herstellung: Ultrahochreiner Wolframtiegel erfordert einen komplexen Prozess und hohe Kosten.
Atmosphärenregelung: Ultrahochvakuum (10^{-6} Pa) ist erforderlich, was die Anforderungen an die Ausrüstung erhöht.

5.4 Wissenschaftliche Forschung

Wolframtiegel werden in der wissenschaftlichen Forschung für Hochtemperatur-Materialprüfungen, die Simulation extremer Umgebungen, die fortschrittliche Materialsynthese und Synchrotronstrahlungsexperimente eingesetzt, und ihre hohe Stabilität und Haltbarkeit unterstützen die hochmoderne wissenschaftliche Forschung.

5.4.1 Leistungsprüfung von Hochtemperaturwerkstoffen

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden verwendet, um den Schmelzpunkt, die thermische Stabilität, die Oxidationsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften neuer Materialien zu testen, und werden in der Materialwissenschaft und technischen Forschung eingesetzt. Der Prüftemperaturbereich liegt zwischen 1500 °C und 3000 °C.

Leistungsanforderungen

Extrem hohe Temperaturen: Hält 2800 °C bis 3000 °C stand und ist > 200 Mal temperaturwechselbeständig.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Chemisch inert: reagiert nicht mit Testmaterialien, Verunreinigungen < 10 ppm.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 700 MPa, beständig gegen Bruch bei hohen Temperaturen.

Flexible Größe: 20 bis 200 mm Durchmesser, geeignet für verschiedene Experimente.

Wärmeleitfähigkeit: >100 W/m·K für eine gleichmäßige Erwärmung.

Technologische Vorteile

Unterstützung bei hohen Temperaturen: nahe dem Wolframschmelzpunkt (3422 °C) für extreme Testanforderungen.

Hohe Zuverlässigkeit: Die Tiegelstruktur ist stabil und die Konsistenz der experimentellen Daten > 99,5 %.

Multi-Material-kompatibel: Unterstützt Metall-, Keramik- und Verbundwerkstoffprüfungen.

Lange Lebensdauer: 50 bis 100 Wiederverwendungen, wodurch die Kosten für Experimente gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Verformung bei hohen Temperaturen: Es kann leicht verformt werden, wenn es sich nahe dem Schmelzpunkt befindet, und das Design muss optimiert werden.

Materialverunreinigung: Spuren von Wolframverflüchtigung können den Test beeinträchtigen und müssen durch eine Beschichtung geschützt werden.

Miniaturisierung: Mikrotiegel (<20 mm) sind schwierig herzustellen und kostspielig.

Atmosphärenkontrolle: Hochreines Vakuum oder Inertgas ist erforderlich, was die Komplexität des Experiments erhöht.

5.4.2 Simulationsversuche für extreme Umgebungen

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden verwendet, um extreme Umgebungen (z. B. Kernreaktoren, Planetenatmosphären) zu simulieren und die Leistung von Materialien unter hohen Temperaturen, hohem Druck oder korrosiven Bedingungen zu testen. Die experimentelle Temperatur beträgt 1500 °C bis 2800 °C, und die Atmosphäre enthält Vakuum, oxidierende oder reduzierende Gase.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturbeständigkeit: 2500 °C bis 2800 °C, Temperaturschock > 300-fach.

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen Oxidation, Reduktion und Plasmaumgebungen, < die Korrosionsrate 0,01 mm/Jahr.

Mechanische Stabilität: Druckfestigkeit > 1000 MPa, um Bruch zu verhindern.

Oberflächenqualität: Ra < 0,1 µm, reduziert die Materialwechselwirkung.

Atmosphärenverträglich: Vakuum (10^{-5} Pa) oder Hochdruck (>10 MPa) werden unterstützt.

Technologische Vorteile

Extreme Toleranz: Unterstützt experimentelle Bedingungen nahe dem Schmelzpunkt für die Nuklear- und Luft- und Raumfahrtforschung.

Hohe Zuverlässigkeit: Die Tiegelleistung ist stabil und die experimentelle Wiederholbarkeit liegt

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

bei > 99 %.

Flexibilität: Anpassung an eine Vielzahl von Atmosphären und Drücken, um komplexe Experimente zu bewältigen.

Lange Lebensdauer: 50 bis 80 Mal können wiederverwendet werden, wodurch Kosten gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Komplexe Umgebung: Variable Atmosphären und Drücke erschweren die Konstruktion von Tiegeln.
Hohe Temperaturbelastung: Extreme Bedingungen können Mikrorisse verursachen und eine Nachbehandlung erfordern.

Hohe Kosten: Hochleistungs-Wolframtiegel sind teuer in der Herstellung und müssen optimiert werden.

Schwierigkeit der Detektion: Der Tiegelzustand muss nach dem Experiment zerstörungsfrei geprüft werden, und die technischen Anforderungen sind hoch.

5.4.3 Synthese und Charakterisierung fortschrittlicher Materialien

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden verwendet, um fortschrittliche Materialien (z. B. Hochentropielegierungen, supraleitende Materialien, Nanomaterialien) zu synthetisieren und ihre physikalischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen zu charakterisieren. Der Tiegel bietet eine stabile Hochtemperaturumgebung, um die Reinheit der Materialsynthese zu gewährleisten.

Leistungsanforderungen

Ultrahohe Temperatur: Synthesetemperatur bis zu 2500 °C, Temperaturschock > 200-fach.

Reinheitsanforderungen: 1 ppm < Verunreinigungen, um eine Kontamination des Materials zu vermeiden.

Gleichmäßige Erwärmung: Die Wärmeleitfähigkeit > 120 W/m·K, um die Konsistenz der Synthese zu gewährleisten.

Atmosphärenkontrolle: Einstellbare oxidierende und reduzierende Atmosphären zur Unterstützung der Feincharakterisierung.

Technologische Vorteile

Materialreinheit: Der Tiegel nimmt nicht an chemischen Reaktionen teil, wodurch die Qualität des Materials sichergestellt wird.

Hohe Stabilität: Es kann bei hohen Temperaturen stabil synthetisiert werden, um gleichbleibende Materialeigenschaften zu gewährleisten.

Vielseitigkeit: Unterstützt eine Vielzahl von Synthesemethoden, wie z. B. Superlegieren, Aufdampfen.

Lange Lebensdauer: Kann 50 bis 100 Mal wiederverwendet werden, wodurch die Kosten gesenkt werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technische Herausforderungen

Kontrolle der Atmosphäre: Es ist eine präzise Kontrolle der Atmosphäre erforderlich, was die Komplexität des Experiments erhöht.

Schwierigkeit der Synthese: Temperaturschwankungen während der Synthese können die Struktur des Materials beeinflussen.

Verflüchtigung bei hohen Temperaturen: Wolframmaterialien verflüchtigen sich in kleinen Mengen bei hohen Temperaturen, daher muss das Design optimiert werden.

5.4.4 Experimente mit Synchrotronstrahlung und Neutronenstreuung

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden in Synchrotronstrahlungs- und Neutronenstreuexperimenten verwendet, um Hochtemperaturproben (z. B. Metalle, Keramiken) für strukturelle und physikalische Analysen aufzunehmen. Die experimentelle Temperatur beträgt 1000 °C bis 2000 °C, was eine hohe Stabilität und geringe Hintergrundinterferenzen erfordert.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturstabilität: 1500 °C bis 2000 °C ohne Verflüchtigung oder Zersetzung.

Geringer Hintergrund: Wolframreinheit > 99,99 %, wodurch Röntgen- oder Neutronenstreustörungen reduziert werden.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 600 MPa, beständig gegen Bruch bei hohen Temperaturen.

Maßgenauigkeit: Toleranz $\pm 0,01$ mm, geeignet für Präzisionsinstrumente.

Oberflächenqualität: $R_a < 0,1$ μm , reduziert die Probenkontamination.

Technologische Vorteile

Geringe Interferenzen: Hochreines Wolfram reduziert das Hintergrundrauschen des Experiments und die Datengenauigkeit > 99,5 %.

Hochtemperaturunterstützung: Erfüllt die Hochtemperaturanforderungen von Synchrotronstrahlung und Neutronenstreuung.

Hohe Zuverlässigkeit: Die Tiegelstruktur ist stabil und die experimentelle Wiederholgenauigkeit liegt bei > 99 %.

Anpassung: Unterstützt Mikrotiegel (10 mm) bis mittlere (100 mm).

Technische Herausforderungen

Ultrahohe Reinheit: 99,999% Wolfram ist erforderlich und die Herstellungskosten sind hoch.

Verflüchtigung bei hohen Temperaturen: Spuren von Wolframverflüchtigung können die Daten beeinträchtigen und müssen durch Beschichtungen geschützt werden.

Miniaturisierung: Mikrotiegel erfordern eine hochpräzise Bearbeitung, die schwierig ist.

Experimentelle Komplexität: Es muss nahtlos mit Synchrotronstrahlungsgeräten abgestimmt werden.

5.5 Luft- und Raumfahrt & Verteidigung

Wolframtiegel werden in der Luft- und Raumfahrt und im Verteidigungsbereich für die Herstellung

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

von Hochtemperaturkomponenten, Materialprüfungen und thermische Kontrollsysteme eingesetzt, da sie einen hohen Schmelzpunkt und eine mechanische Festigkeit aufweisen, um extreme Umweltaforderungen zu erfüllen.

5.5.1 Herstellung von Düsen und Brennkammern für Raketentriebwerke

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel wird zum Schmelzen und Sintern von Raketentriebwerksdüsen und Brennkammermaterialien verwendet, um Wolframmatrix-Verbundwerkstoffe oder Superlegierungen herzustellen, die Verbrennungstemperaturen über 3000 °C standhalten können.

Leistungsanforderungen

Extrem hohe Temperatur: 2800 °C bis 3100 °C, beständig gegen Temperaturschock > 200 Mal.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 1000 MPa, um einen Bruch bei hohen Temperaturen zu verhindern.

Antioxidationsmittel: Vakuum- oder Argonatmosphäre, Sauerstoffgehalt < 1 ppm.

Dimensionsstabilität: Wanddickenabweichung $\pm 0,01$ mm, Wärmeausdehnung $< 4,5 \times 10^{-6}/K$.

Abriebfestigkeit: Härte > HV 500, Beständigkeit gegen Luftauswaschung bei hohen Temperaturen.

Technologische Vorteile

Hohe Temperaturbeständigkeit: nahe dem Wolframschmelzpunkt, unterstützt extreme Verbrennungsumgebungen.

Hohe Zuverlässigkeit: Der Tiegel stellt sicher, dass die Reinheit des Materials > 99,99 % beträgt und die Leistung konstant ist.

Lange Lebensdauer: 30- bis 50-fache Wiederverwendung, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Große Stütze: 300 bis 500 mm Durchmesser, um die Anforderungen großer Komponenten zu erfüllen.

Technische Herausforderungen

Hohe Temperaturbelastung: In der Nähe des Schmelzpunkts kann es zu Mikrorissen kommen, und die Wärmebehandlung muss optimiert werden.

Oxidationsrisiko: Ultrahochvakuum oder Inertgas ist erforderlich, was die Kosten erhöht.

Schwierigkeit bei der Herstellung: Großformatige hochreine Wolframtiegel haben hohe Kosten und einen komplexen Prozess.

Komplexe Reinigung: Hochtemperaturrückstände müssen in mehreren Stufen gereinigt werden, was den Prozess erhöht.

5.5.2 Prüfung von Hochtemperatur-Strukturwerkstoffen

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden verwendet, um die Leistung von Hochtemperatur-Strukturmaterialien (z. B. Wolframlegierungen, Keramikmatrix-Verbundwerkstoffe) für Luft- und Raumfahrtanwendungen zu testen und Triebwerks- oder Wiedereintrittsumgebungen bei Temperaturen von 2000 °C bis 3000 °C

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

zu simulieren.

Leistungsanforderungen

Extrem hohe Temperatur: 2500 °C bis 3000 °C, beständig gegen Temperaturschock > 200 Mal.

Chemisch inert: reagiert nicht mit Prüfmaterialien, Verunreinigungen < 5 ppm.

Mechanische Festigkeit: Druckfestigkeit > 1200 MPa, um Bruch zu verhindern.

Wärmeleitfähigkeit: >100 W/m·K für eine gleichmäßige Erwärmung.

Flexible Größe: 20 bis 200 mm Durchmesser, geeignet für verschiedene Experimente.

Technologische Vorteile

Unterstützung bei hohen Temperaturen: nahe dem Wolframschmelzpunkt, erfüllen Sie die Simulation der Wiedereintrittsumgebung.

Hohe Zuverlässigkeit: Die Tiegelleistung ist stabil und die Konsistenz der Testdaten > 99,5 %.

Multi-Material-kompatibel: Unterstützt Metall-, Keramik- und Verbundwerkstoffprüfungen.

Lange Lebensdauer: 50 bis 80 Wiederverwendungen, wodurch die Kosten für Experimente gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Verformung bei hohen Temperaturen: Langfristig hohe Temperaturen können zu Mikroverformungen führen, und das Design muss optimiert werden.

Materialverunreinigung: Spuren von Wolframverflüchtigung können den Test beeinträchtigen und müssen durch eine Beschichtung geschützt werden.

Miniaturisierung: Mikrotiegel (<20 mm) sind schwierig herzustellen und kostspielig.

Atmosphärenkontrolle: Hochreines Vakuum oder Inertgas ist erforderlich, was die Komplexität erhöht.

5.5.3 Komponenten für militärische Hochtemperaturausrüstung

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden zum Schmelzen und Sintern von militärischen Hochtemperaturausrüstungskomponenten wie Raketendüsen, Panzermaterialien und Hochtemperatursensoren verwendet und halten 2000 °C bis 2800 °C stand.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturbeständigkeit: 2500 °C bis 2800 °C, Temperaturschock > 200-fach.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 1000 MPa, um Bruch zu verhindern.

Antioxidationsmittel: Vakuum- oder Argonatmosphäre, Sauerstoffgehalt < 1 ppm.

Abriebfestigkeit: Härte > HV 500, Beständigkeit gegen Erosion bei hohen Temperaturen.

Maßgenauigkeit: Toleranz $\pm 0,01$ mm, geeignet für Präzisionsteile.

Technologische Vorteile

Hohe Temperaturbeständigkeit: Unterstützung extremer militärischer Umgebungen, stabile Leistung.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Hohe Reinheit: Der Tiegel stellt sicher, dass die Reinheit des Materials $> 99,99\%$ liegt, was dem militärischen Standard entspricht.

Lange Lebensdauer: 40- bis 60-fache Wiederverwendung, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Anpassung: Unterstützt komplexe Geometrien und kleine Tiegel ($< 50\text{ mm}$).

Technische Herausforderungen

Hohe Temperaturbelastung: Schnelles Hochfahren und Abfallen der Temperatur können zu Rissen führen, und die Wärmebehandlung muss optimiert werden.

Herstellungskosten: Der Preis für hochreinen Wolframtiegel ist hoch, und eine Großproduktion ist erforderlich.

Komplexe Reinigung: Militärische Materialreste benötigen eine spezielle Reinigung, um den Prozess zu verbessern.

Anforderungen an die Vertraulichkeit: Militärische Anwendungen erfordern ein striktes Daten- und Prozessmanagement.

5.5.4 Thermisches Kontrollsystem für Satellit

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden zum Sintern und Testen von Materialien für thermische Kontrollsysteme von Satelliten und zur Herstellung von Wolframmatrix-Verbundwerkstoffen mit hoher Wärmeleitfähigkeit (z. B. Wolframkupfer) für Kühlkörper und Heatpipes verwendet, die 1000 °C bis 1500 °C standhalten können.

Leistungsanforderungen

Wärmeleitfähigkeit: $> 120\text{ W/m}\cdot\text{K}$, schnelle Wärmeableitung.

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit Kupfer, Silber usw., Verunreinigungen $< 10\text{ ppm}$.

Maßgenauigkeit: Toleranz $\pm 0,01\text{ mm}$, geeignet für Präzisionsformen.

Oberflächenqualität: $R_a < 0,1\text{ }\mu\text{m}$, verhindert das Anhaften von Material.

Temperaturwechselbeständigkeit: > 300 Zyklen, keine Risse.

Technologische Vorteile

Effiziente Wärmeableitung: Unterstützt Hochleistungs-Satellitengeräte mit einem Wärmewiderstand von $< 0,5\text{ K/W}$.

Hohe Zuverlässigkeit: Der Tiegel sorgt dafür, dass die Reinheit des Materials $99,99\%$ ist.

Miniaturisierung: Unterstützt den Mikrotiegel ($< 30\text{ mm}$) zur Anpassung an die Heatpipe-Herstellung.

Lange Lebensdauer: 50- bis 80-fache Wiederverwendung, wodurch Kosten gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Mikrofertigung: Kleine Tiegel erfordern eine hochpräzise Bearbeitung und sind kostspielig.

Wärmeausdehnung: Der Unterschied in der Wärmeausdehnung zwischen Wolfram- und Verbundwerkstoffen kann zu Spannungen führen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Oberflächenkontamination: Eine ultrareine Umgebung ist erforderlich, um Feinstaubbelastung zu vermeiden.

Kontrolle des Energieverbrauchs: Das Hochtemperaturesintern hat einen hohen Energieverbrauch, und der Prozess muss optimiert werden.



Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Tungsten Crucible Introduction

1. Overview of Tungsten Crucibles

Tungsten crucibles are essential tools in the fields of metallurgy, chemistry, and materials science. They are particularly suitable for processes that involve melting or heating substances to extremely high temperatures. Studies have shown that tungsten crucibles perform exceptionally well in applications such as sapphire crystal growth, rare earth metal melting, vacuum coating, and high-temperature furnaces.

2. Features of Tungsten Crucibles

Ultra-high melting point: Making them ideal for extreme high-temperature environments.

High purity: purity of $\geq 99.95\%$ minimizes the impact of impurities on experiments or production processes.

Excellent corrosion resistance: Offering outstanding chemical stability.

High density and low vapor pressure: Ensuring material stability.

High strength and wear resistance: Ensuring long service life.

Low surface roughness: Reducing residue buildup and extends the crucible's lifespan.

3. Applications of Tungsten Crucibles

Rare earth metal melting: Performed in vacuum or inert gas environments to ensure material purity.

Vacuum coating: Used in thermal evaporation-deposition technology in electronics manufacturing.

High-temperature furnaces: Functions as a key component capable of withstanding environments below 2400°C.

Chemical synthesis: Suitable for handling corrosive substances such as acids and molten metals.

Metal smelting and refining: Used for melting and refining high-purity metals.

Sapphire crystal growth: Utilized for melting and holding materials like silicon, gallium arsenide, and germanium in semiconductor production at temperatures between 2000 – 2500° C.

4. Specifications of Tungsten Crucibles

Specification	Details
Material	Pure tungsten or tungsten alloy
Purity	99.95%
Diameter	20–620 mm
Height	20–500 mm
Wall Thickness	3.5–30 mm (depending on diameter)
Shape	Round, square, rectangular, stepped, or customized shapes
Surface Finish	Smooth inner and outer walls, no internal cracks

5. Purchasing Information

Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

5.6 Energiewirtschaft

Wolframtiegel werden in der Energiewirtschaft in Kernreaktoren, Photovoltaik, Brennstoffzellen und Kernfusion eingesetzt, wo sie mit ihrer Hochtemperaturbeständigkeit und Strahlungsbeständigkeit den hohen Anforderungen der Energietechnik gerecht werden.

5.6.1 Hochtemperaturkomponenten von Kernreaktoren

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden zum Schmelzen und Sintern von Hochtemperaturkomponenten von Kernreaktoren (z. B. Steuerstäbe und Wärmetauscher) verwendet, um Materialien auf Wolframbasis herzustellen, die 2000 °C bis 2800 °C und Umgebungen mit starker Strahlung standhalten können.

Leistungsanforderungen

Extrem hohe Temperatur: 2500 °C bis 2800 °C > 200-facher Temperaturschock.

Strahlungsbeständigkeit: Beständig gegen Neutronen- und Gammastrahlung, Leistungsdämpfung <5% (10 Jahre).

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit geschmolzenem Natrium oder Uran, Verunreinigungen < 5 ppm.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 1000 MPa, um Bruch zu verhindern.

Dimensionsstabilität: Wanddickenabweichung $\pm 0,01$ mm, Wärmeausdehnung $< 4,5 \times 10^{-6}/K$.

Technologische Vorteile

Hohe Temperaturbeständigkeit: Unterstützen Sie die extreme Umgebung von Kernreaktoren und stabile Leistung.

Strahlungsbeständigkeit: Beständig gegen hochenergetische Strahlung, geeignet für Kernenergieanwendungen.

Lange Lebensdauer: 30- bis 50-fache Wiederverwendung, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Hohe Reinheit: Der Tiegel sorgt dafür, dass die Reinheit des Materials 99,99 % >.

Technische Herausforderungen

Strahlenalterung: Hohe Strahlung kann zu einer Materialverschlechterung führen, und die Expositionszeit muss kontrolliert werden.

Oxidationsrisiko: Hochvakuum oder Inertgas ist erforderlich, um eine Oxidation zu verhindern.

Schwierigkeit bei der Herstellung: Die Produktionskosten für hochreinen Wolframtiegel sind hoch und der Prozess komplex.

5.6.2 Herstellung von photovoltaischen Solarmaterialien

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden beim Sintern und Schmelzen von photovoltaischen Solarmaterialien, wie z. B. Perowskit-Solarzellen, verwendet und halten hohen Temperaturen von 1000 °C bis 1500 °C stand.

Leistungsanforderungen

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Hohe Temperaturleistung: >1200 ° C, starke Stabilität.

Chemisch inert: reagiert nicht mit Perowskit-Materialien, Verunreinigungen < 5 ppm.

Maßgenauigkeit: Toleranz $\pm 0,01$ mm, geeignet für Präzisionsformen.

Oberflächenqualität: $Ra < 0,1$ μm , verhindert Materialkontamination.

Technologische Vorteile

Hohe Temperaturstabilität: Unterstützen Sie die Herstellung von hocheffizienten Photovoltaikmaterialien, und die Leistung ist stabil.

Hohe Reinheit: Der Tiegel sorgt dafür, dass die Reinheit des Materials 99,99 % >.

Lange Lebensdauer: 30- bis 50-fache Wiederverwendung, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Hohe Reinheitsanforderungen: Der Tiegel muss eine hohe Reinheit aufrechterhalten, um eine Kontamination zu verhindern.

Hohe Temperaturregelung: Eine präzise Temperaturregelung ist erforderlich, um eine Überhitzung zu vermeiden.

Miniaturisierte Fertigung: Kleine Tiegel sind schwierig und teuer herzustellen.

5.6.3 Herstellung von Bauteilen für Kernfusionsreaktoren

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden zum Sintern und Schmelzen von Kernfusionsreaktorkomponenten, wie z. B. dem Erstwandmaterial von Tokamak-Reaktoren, verwendet und sind extrem hohen Temperaturen und Strahlung ausgesetzt.

Leistungsanforderungen

Extrem hohe Temperatur: 2800 °C bis 3000 °C, beständig gegen Temperaturschocks > 500 Mal.

Strahlungsbeständigkeit: Neutronenstrahlungsbeständigkeit, Dämpfung <2% (100 Jahre).

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 1200 MPa, um Bruch zu verhindern.

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit Deuterium und Tritium und Verunreinigungen < 5 ppm.

Maßgenauigkeit: Toleranz $\pm 0,01$ mm, geeignet für Präzisionsdesign.

Technologische Vorteile

Extrem hohe Temperatur: In der Nähe des Wolframschmelzpunkts, unterstützt die Fusionsumgebung.

Strahlungsbeständigkeit: Beständig gegen Neutronenstrahlung, geeignet für den Langzeiteinsatz.

Hohe Reinheit: Der Tiegel sorgt dafür, dass die Reinheit des Materials 99,99 % >.

Lange Lebensdauer: 50- bis 100-fache Wiederverwendung, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Hohe Temperaturbelastung: Bei längerer Nutzung kann es zu thermischen Belastungen kommen, und die Tragwerkskonstruktion muss optimiert werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Strahlungseffekte: Neutronenstrahlung hat einen größeren Einfluss auf die Leistung des Tiegels.

5.6.4 Werkstoffe für Kernfusionsreaktoren

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden zum Schmelzen und Sintern von Kernfusionsreaktormaterialien wie wolframbasierten plasmabeschichteten Materialien (PFMs) verwendet und halten 2500 °C bis 3000 °C und starken Plasmastößen stand.

Leistungsanforderungen

Extrem hohe Temperatur: 2800 °C bis 3000 °C, beständig gegen Temperaturschock > 200 Mal.

Strahlungsbeständigkeit: Beständig gegen Neutronen- und Plasmabeschuss, Leistungsdämpfung <3% (10 Jahre).

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 1200 MPa, um Bruch zu verhindern.

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen Helium- und Wasserstoffplasma, die Korrosionsrate < 0,005 mm/Jahr.

Dimensionsstabilität: Wanddickenabweichung $\pm 0,01$ mm, Wärmeausdehnung $< 4,5 \times 10^{-6}/K$.

Technologische Vorteile

Hohe Temperaturbeständigkeit: nahe dem Schmelzpunkt von Wolfram, um die Anforderungen der Fusionsumgebung zu erfüllen.

Strahlungsbeständigkeit: Der Wolframtiegel gewährleistet die Langzeitstabilität des Materials und erfüllt die ITER-Anforderungen.

Hohe Reinheit: Verunreinigungen werden < 1 ppm eingebracht, um die PFM-Leistung zu gewährleisten.

Lange Lebensdauer: 30- bis 50-fache Wiederverwendung, wodurch Kosten gesenkt werden.

Technische Herausforderungen

Plasmaschock: Starkes Plasma kann Oberflächenschäden verursachen und erfordert einen Beschichtungsschutz.

Hohe Temperaturbelastung: In der Nähe des Schmelzpunkts kann es zu Mikrorissen kommen, und die Wärmebehandlung muss optimiert werden.

Herstellungskosten: Ultrahochreiner Wolframtiegel hat einen hohen Preis und muss in großem Maßstab hergestellt werden.

Komplexe Reinigung: Schmelzmaterialreste benötigen eine spezielle Reinigung, um den Prozess zu erhöhen.

5.7 Neue und übergreifende Anwendungen

Wolframtiegel haben in aufstrebenden Bereichen wie High-End-Schmuck, Medizin, 3D-Druck und Quantentechnologie einzigartige Vorteile gezeigt und ihre Anwendungsgrenzen erweitert.

5.7.1 Herstellung von hochwertigem Schmuck und Luxusgütern

Überblick über die Anwendung

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Wolframtiegel werden in der Herstellung von hochwertigem Schmuck und Luxusgütern verwendet, um Edelmetalle (z. B. Platin, Gold) und synthetische Edelsteine (z. B. künstliche Diamanten, Saphire) zu schmelzen und 1400 °C bis 2000 °C standzuhalten.

Leistungsanforderungen

Hohe Reinheit: Wolframreinheit > 99,99%, Verunreinigungen < 10 ppm.

Hohe Temperaturbeständigkeit: 1600 ° C bis 2000 ° C, Temperaturschock > 200-fach.

Oberflächenbeschaffenheit: Ra<0,05 μ m, um Metallanhaftung zu verhindern.

Maßgenauigkeit: Toleranz ±0,01 mm, geeignet für Präzisionsformen.

Chemische Stabilität: Reagiert nicht mit Edelmetallen oder Edelsteinen.

Technologische Vorteile

Hochreines Produkt: Der Tiegel reduziert den Eintrag von Verunreinigungen auf 5 ppm und sichert so die Schmuckqualität.

Gleichmäßiges thermisches Feld: Verbessert die Konsistenz von Edelsteinen und Metallen und die Defektrate < 0,1 %.

Lange Lebensdauer: 50- bis 80-fache Wiederverwendung, wodurch Kosten gesenkt werden.

Anpassung: Unterstützt kleine (20 mm) bis mittlere (100 mm) Tiegel.

Technische Herausforderungen

Oberflächenkontamination: Eine ultrareine Umgebung ist erforderlich, um Feinstaubbelastung zu vermeiden.

Verflüchtigung bei hohen Temperaturen: Spuren der Wolframverflüchtigung können Edelsteine beeinträchtigen, und ein Beschichtungsschutz ist erforderlich.

Miniaturisierung: Mikrotiegel sind schwierig herzustellen und kostspielig.

Kostenkontrolle: Bei hochreinen Wolframtiegeln müssen Leistung und Wirtschaftlichkeit in Einklang gebracht werden.

5.7.2 Herstellung von medizinischen Implantaten und Geräten

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden zum Schmelzen und Sintern von medizinischen Implantaten (z. B. Titanlegierungen, Kobalt-Chrom-Legierungen) und Geräteteilen, zur Präparation von Knochenimplantaten, Herzstents usw. verwendet und halten 1200 °C bis 1800 °C stand.

Leistungsanforderungen

Ultrahohe Reinheit: Wolframreinheit > 99,999 %, Verunreinigungen < 1 ppb.

Hohe Temperaturbeständigkeit: 1400 °C bis 1800 °C, Temperaturschock > 200-fach.

Oberflächenqualität: Ra<0,05 μ m, verhindert Materialkontamination.

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit Titan, Chrom usw. und < Kontamination von 1 ppb.

Maßgenauigkeit: Toleranz ±0,01 mm, geeignet für Präzisionsformen.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Technologische Vorteile

Biokompatibilität: Der Tiegel stellt sicher, dass die Reinheit des Materials $99,999\% >$ und medizinischen Standards entspricht.

Gleichmäßiges thermisches Feld: Verbesserung der Implantatkonsistenz, Defektrate $< 0,05\%$.

Lange Lebensdauer: 60- bis 100-fache Wiederverwendung, wodurch Kosten gesenkt werden.

Miniaturisierung: Unterstützt Miniaturtiegel ($< 30\text{ mm}$) zur Anpassung an medizinische Komponenten.

Technische Herausforderungen

Ultra-Clean-Anforderungen: Die Produktion und Reinigung von Reinräumen der ISO-Klasse 3 ist erforderlich.

Verflüchtigung bei hohen Temperaturen: Spuren von Wolframverflüchtigung können das Material verunreinigen und müssen durch eine Beschichtung geschützt werden.

Herstellungskosten: Ultrahochreiner Wolframtiegel hat einen hohen Preis, und der Prozess muss optimiert werden.

Stark reguliert: Medizinische Anwendungen unterliegen den Normen FDA und ISO 13485.

5.7.3 Hochtemperaturwerkzeuge im 3D-Druck und in der additiven Fertigung

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden als Hochtemperaturformen im 3D-Druck und in der additiven Fertigung verwendet, um Metallpulver (z. B. Titan, Wolframlegierungen) für das selektive Laserschmelzen (SLM) oder Elektronenstrahlschmelzen (EBM) zu halten und 1500 °C bis 2200 °C standzuhalten.

Leistungsanforderungen

Hohe Temperaturbeständigkeit: 1800 °C bis 2200 °C , Temperaturschock > 300 -fach.

Chemische Stabilität: reagiert nicht mit geschmolzenem Metall, Verunreinigungen $< 10\text{ ppm}$.

Oberflächenbeschaffenheit: $Ra < 0,1\text{ }\mu\text{m}$, verhindert die Anhaftung des Pulvers.

Maßgenauigkeit: Toleranz $\pm 0,02\text{ mm}$, geeignet für Präzisionsformen.

Abriebfestigkeit: Härte $> HV 400$, Beständigkeit gegen Pulverauswaschung.

Technologische Vorteile

Hohe Präzision: Der Tiegel unterstützt komplexe geometrische Formen und die Formgenauigkeit $> 99,5\%$.

Gleichmäßiges thermisches Feld: Erhöhen Sie die Dichte von 3D-gedruckten Teilen um $> 99,8\%$.

Lange Lebensdauer: 50- bis 80-fache Wiederverwendung, wodurch Kosten gesenkt werden.

Multimaterial-Träger: Geeignet für Wolfram, Titan, Nickel und andere Pulver.

Technische Herausforderungen

Pulververunreinigung: Geschmolzenes Pulver kann am Tiegel haften bleiben und muss beschichtet oder gereinigt werden.

Hohe Temperaturbelastung: Schnelles Hochfahren und Abfallen der Temperatur können zu Rissen führen, und die Wärmebehandlung muss optimiert werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Miniaturisierung: Mikroformen (< 50 mm) sind schwierig herzustellen und kostspielig.

Hoher Energieverbrauch: Der Hochtemperatur-3D-Druck verbraucht viel Energie und der Prozess muss optimiert werden.

5.7.4 Quantentechnologie und die Herstellung supraleitender Materialien

Überblick über die Anwendung

Wolframtiegel werden bei der Synthese und dem Sintern von Quantentechnologie und supraleitenden Materialien (wie Yttrium-Barium-Kupfer-Sauerstoff, YBCO) für die Herstellung von Quantencomputerchips und supraleitenden Spulen verwendet, die 1200 °C bis 1800 °C standhalten.

Leistungsanforderungen

Ultrahohe Reinheit: Wolframreinheit > 99,9999 %, Verunreinigungen < 0,1 ppb.

Hohe Temperaturbeständigkeit: 1400 °C bis 1800 °C, Temperaturschock > 200-fach.

Oberflächenbeschaffenheit: Ra < 0,05 µm, verhindert Materialkontamination.

Chemische Stabilität: Reagiert nicht mit Oxiden oder Kupfer, Verschmutzung < 0,5 ppb.

Maßgenauigkeit: Die Toleranz ± 0,01 mm, geeignet für Präzisionsexperimente.

Technologische Vorteile

Ultrahohe Reinheit: Der Tiegel führt Verunreinigungen bis zu 0,05 ppb ein und erfüllt damit die Anforderungen von Quantenchips.

Gleichmäßiges thermisches Feld: Verbessert die Konsistenz von supraleitenden Materialien und die Defektrate < 0,01 %.

Lange Lebensdauer: 60- bis 100-fache Wiederverwendung, wodurch Kosten gesenkt werden.

Miniaturisierung: Unterstützt den Miniaturtiegel (<20 mm) zur Anpassung an Quantengeräte.

Technische Herausforderungen

Ultra-Clean-Anforderungen: Die Produktion und Reinigung von Reinräumen der ISO-Klasse 3 ist erforderlich.

Verflüchtigung bei hohen Temperaturen: Spuren von Wolframverflüchtigung können das Material verunreinigen und müssen durch eine Beschichtung geschützt werden.

Herstellungskosten: Ultrahochreiner Wolframtiegel hat einen hohen Preis, und der Prozess muss optimiert werden.

Experimentelle Komplexität: Es muss nahtlos mit supraleitenden Geräten kombiniert werden, was die Schwierigkeit erhöht.



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Kapitel 6 Vor- und Nachteile sowie Herausforderungen des Wolframtiegels

Wolframtiegel werden aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften häufig im Hochtemperaturbereich eingesetzt, stehen aber auch vor Herausforderungen bei der Herstellung und Anwendung. In diesem Kapitel werden die Stärken, Grenzen und verbesserungswürdigen Bereiche analysiert.

6.1 Analyse der Vorteile des Wolframtiegels

6.1.1 Ultrahoher Schmelzpunkt und thermische Stabilität

Eigenschaften: Wolframschmelzpunkt 3422 °C, Wärmeausdehnungskoeffizient $4,5 \times 10^{-6}/K$, 3000 °C behält weiterhin die strukturelle Stabilität bei.

Vorteile: Beständig gegen extreme Hitze, Temperaturschockzyklen > 500 Mal, geeignet für Kernfusion, Luft- und Raumfahrt usw.

Anwendung: Wachstum von monokristallinem Silizium, Schmelzen von Superlegierungen, gleichmäßiges thermisches Feld, Verformungsrate <0,1%.

6.1.2 Ausgezeichnete chemische Inertheit

Eigenschaften: Beständig gegen Säuren und Alkalien, geschmolzenes Metall und reaktives Gas, Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr.

Vorteile: Reagiert nicht mit geschmolzenem Silizium, Gallium, Platin usw. und Verunreinigungen werden in <1 ppb eingebracht.

Anwendung: Wachstum von Halbleiterkristallen, hochreine chemische Raffination, Reinheit > 99,999%.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

6.1.3 Hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer

Eigenschaften: Zugfestigkeit > 800 MPa, Härte > HV 400, Lebensdauer 50-100 mal.

Vorteile: Stabile Leistung bei wiederholtem Gebrauch, Chargenkonsistenz > 99,5%.

Anwendung: Herstellung von Photovoltaik-Siliziumwafern, Katalysatorsynthese, Reduzierung der Ersatzkosten.

6.1.4 Fähigkeit, sich an extreme Umgebungen anzupassen

Eigenschaften: Beständig gegen Strahlung und Plasmaeinwirkungen, Leistungsdämpfung <5% (10 Jahre).

Vorteile: Unterstützung extremer Bedingungen wie z. B. Kernreaktoren und Simulationen der planetaren Atmosphäre.

Anwendung: Kernfusions-PFM-Material, Hochtemperaturtest für die Luft- und Raumfahrt, stabiler Betrieb > 1000 Stunden.

6.2 Grenzen und Herausforderungen von Wolframiegeln

6.2.1 Hohe Herstellungs- und Verarbeitungskosten

Problem: Hochreine Wolframiegeln erfordern ein komplexes Sintern und CNC-Bearbeitung, und die Kosten sind 5-10 Mal so hoch wie bei gewöhnlichen Tiegeln.

Auswirkungen: Für kleine und mittlere Unternehmen schwer erschwinglich, Amortisationszeit von 3-5 Jahren.

Herausforderung: Der Prozess muss optimiert werden, um die Rohstoff- und Energiekosten zu senken.

6.2.2 Sprödigkeit und Verarbeitungsschwierigkeiten bei Raumtemperatur

Problem: Wolfram hat eine hohe Härte (HV 400) bei Raumtemperatur, ist leicht spröde und für die Bearbeitung werden Diamantwerkzeuge benötigt.

Auswirkungen: Mikro- oder komplexe Tiegeln sind mit einer Ausschussquote von >5 % schwer zu verarbeiten.

Herausforderung: Entwicklung von Wolframlegierungen mit höherer Zähigkeit oder neuen Verarbeitungstechnologien.

6.2.3 Herstellungsbeschränkungen für große Tiegeln

Problem: Ein Tiegel mit einem Durchmesser von >500 mm erfordert einen großen Sinterofen, und die Gleichmäßigkeit der Wandstärke $\pm 0,05$ mm ist schwer zu gewährleisten.

Auswirkungen: Langer Produktionszyklus, Vervielfachung der Kosten, Einschränkung von Photovoltaik- und metallurgischen Anwendungen.

Herausforderung: Verbesserung der Sinterausrüstung und Verbesserung der Konsistenz großer Tiegeln.

6.2.4 Rohstoffversorgung und geopolitische Risiken

Problem: Wolframerz ist global konzentriert, das Angebot wird von der Geopolitik beeinflusst und der Preis schwankt um > 20 %.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Auswirkungen: Rohstoffknappheit kann die Produktion stören und die Kosten unkontrollierbar machen.

Herausforderung: Aufbau eines Recyclingsystems, um die Abhängigkeit von Roherzen zu verringern.

6.3 Verbesserungsrichtung des Wolframtiegels

6.3.1 Kostenoptimierung und Großserienfertigung

Richtung: Führen Sie eine automatische Montagelinie und Abwärmerückgewinnung ein, um den Energieverbrauch um 20 % bis 30 % zu senken.

Das Ziel: die Produktionskosten auf 50% des aktuellen Niveaus zu senken und die Amortisationszeit auf 2 Jahre zu verkürzen.

Technologie: Modularer Sinterofen, KI-Optimierung von Prozessparametern.

6.3.2 Entwicklung neuer Werkstoffe und Verbundverfahren

Richtung: Forschung und Entwicklung von Hochentropie-Legierungen auf Wolframbasis und Wolfram-Keramik-Verbundwerkstoffen mit einer Steigerung der Zähigkeit um 30 %.

Ziel: Die Sprödigkeit bei Raumtemperatur reduzieren und die Lebensdauer auf das 150-fache verlängern.

Technologie: Nano-Wolframpulver-Sintern, 3D-Druck von Verbundtiegeln.

6.3.3 Verbesserung der Bearbeitungsgenauigkeit und -effizienz

Richtung: Laserbearbeitung, Ultrapräzisions-CNC wird eingeführt und die Toleranz $\pm 0,005$ mm.

Ziel: Reduzierung der Ausschussquote auf <2 % und Steigerung der Verarbeitungseffizienz um 50 %.

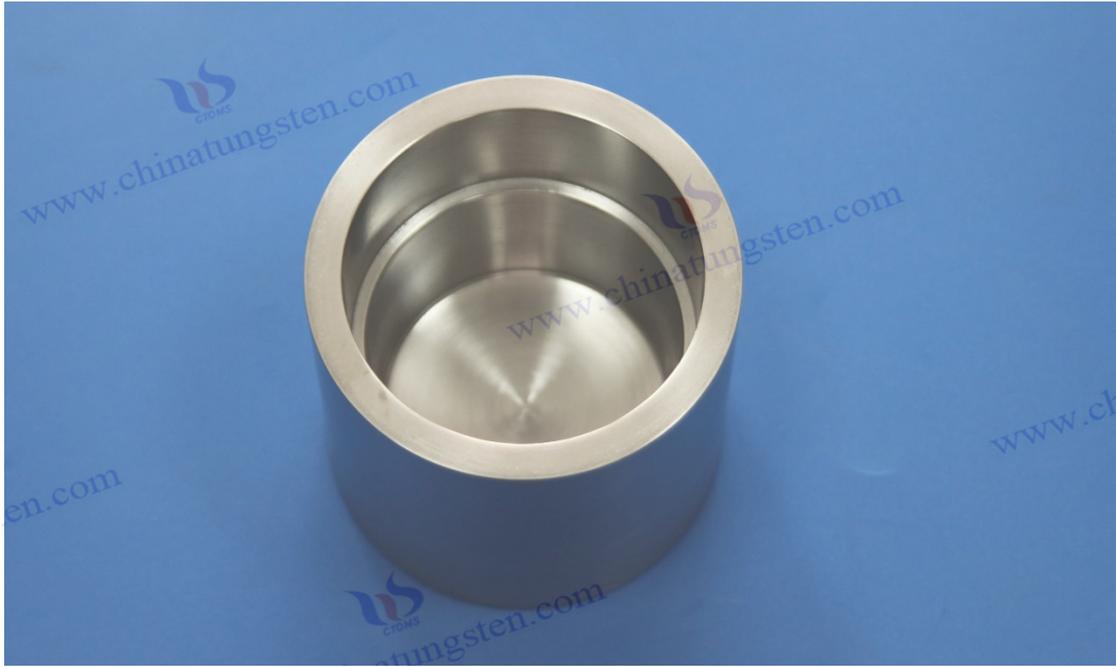
Technologie: Robotergestützte Verarbeitung, Echtzeit-Erkennungssystem.

6.3.4 Intelligente und automatisierte Fertigung

Richtung: Integrieren Sie das Internet der Dinge und KI, überwachen Sie Temperatur und Druck in Echtzeit, und der Fehler beträgt <1 %.

Ziel: 30 % Steigerung der Produktionseffizienz und $99,9$ % $>$ Qualitätskonstanz.

Technologie: 5G-vernetzte Produktionslinie, datengesteuertes Entscheidungssystem.



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

CTIA GROUP LTD

Tungsten Crucible Introduction

1. Overview of Tungsten Crucibles

Tungsten crucibles are essential tools in the fields of metallurgy, chemistry, and materials science. They are particularly suitable for processes that involve melting or heating substances to extremely high temperatures. Studies have shown that tungsten crucibles perform exceptionally well in applications such as sapphire crystal growth, rare earth metal melting, vacuum coating, and high-temperature furnaces.

2. Features of Tungsten Crucibles

Ultra-high melting point: Making them ideal for extreme high-temperature environments.

High purity: purity of $\geq 99.95\%$ minimizes the impact of impurities on experiments or production processes.

Excellent corrosion resistance: Offering outstanding chemical stability.

High density and low vapor pressure: Ensuring material stability.

High strength and wear resistance: Ensuring long service life.

Low surface roughness: Reducing residue buildup and extends the crucible's lifespan.

3. Applications of Tungsten Crucibles

Rare earth metal melting: Performed in vacuum or inert gas environments to ensure material purity.

Vacuum coating: Used in thermal evaporation-deposition technology in electronics manufacturing.

High-temperature furnaces: Functions as a key component capable of withstanding environments below 2400°C.

Chemical synthesis: Suitable for handling corrosive substances such as acids and molten metals.

Metal smelting and refining: Used for melting and refining high-purity metals.

Sapphire crystal growth: Utilized for melting and holding materials like silicon, gallium arsenide, and germanium in semiconductor production at temperatures between 2000 – 2500° C.

4. Specifications of Tungsten Crucibles

Specification	Details
Material	Pure tungsten or tungsten alloy
Purity	99.95%
Diameter	20–620 mm
Height	20–500 mm
Wall Thickness	3.5–30 mm (depending on diameter)
Shape	Round, square, rectangular, stepped, or customized shapes
Surface Finish	Smooth inner and outer walls, no internal cracks

5. Purchasing Information

Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Kapitel 7 Vorsichtsmaßnahmen für die Verwendung von Wolframtiegel

Bei der Verwendung von Wolframtiegeln müssen die Spezifikationen strikt eingehalten werden, um Sicherheit, Effizienz und Langlebigkeit zu gewährleisten. In diesem Kapitel werden die Anforderungen an Installation, Umgebung, Wartung und Fehlerbehebung beschrieben.

7.1 Installations- und Betriebsspezifikationen für Wolframtiegel

7.1.1 Inspektion und Vorbereitung der Tiegel vor dem Einbau

Inspektion: Keine Risse und Kratzer auf der Sichtfläche, die Maßtoleranz $\pm 0,01$ mm.

Reinigung: Ultraschallreinigung (40 kHz) mit hochreinem Ethanol mit Rest $< 0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Vorbereitung: Stellen Sie sicher, dass der Ofen sauber ist, das Vakuum $< 10^{-5}$ Pa beträgt und die Reinheit des Inertgases $> 99,999$ % beträgt.

Installation: Mit einer speziellen Klemme $<$ die Kraftregelung 500 N, um mechanische Beschädigungen zu vermeiden.

7.1.2 Sicherheitsverfahren im Hochtemperaturbetrieb

Schutz: Tragen Sie hochtemperaturbeständige Handschuhe und eine Schutzbrille und isolieren Sie den Operationsbereich.

Temperaturregelung: Heizrate $5-15^\circ\text{C}/\text{min}$, maximal 3000°C , Fehler $\pm 2^\circ\text{C}$.

Überwachung: Echtzeitaufzeichnung von Temperatur und Druck, abnormale Alarmreaktion < 1 Sekunde.

Notfall: Ausgestattet mit einer Feuerlöschanlage, kühlen Sie > 2 Stunden nach Stromausfall ab, bevor Sie den Ofen öffnen.

7.1.3 Vermeidung von thermischer Belastung und mechanischer Beschädigung

Thermische Belastung: Temperaturanstieg und -abfall in Stufen, Befeuchtungszeit 2-12 Stunden, Thermoschockzyklus < 500 Mal.

Mechanische Beschädigungen: Stöße mit harten Gegenständen vermeiden, Spannkraft < 300 N.

Schutz: Die Verwendung einer Keramikdichtung reduziert die Kontaktspannung und die Verformungsrate $< 0,1\%$.

7.2 Umweltaforderungen für die Verwendung von Wolframtiegeln

7.2.1 Temperatur- und Atmosphärenregelung

Temperatur: $1500-3000^\circ\text{C}$, Genauigkeit der Temperaturregelung $\pm 1^\circ\text{C}$, Gleichmäßigkeit des thermischen Feldes $\pm 5^\circ\text{C}$.

Atmosphäre: Vakuum (10^{-6} Pa) oder hochreines Argon (Sauerstoffgehalt < 1 ppm).

Überwachung: Infrarot-Thermometer (Genauigkeit $\pm 0,1^\circ\text{C}$), Gasanalysator (Genauigkeit $\pm 0,01$ ppm).

7.2.2 Kontakt mit unverträglichen Materialien vermeiden

Kontraindikationen: starke Oxidationsmittel (wie Salpetersäure), geschmolzene Alkalimetalle, um Korrosion zu verhindern.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Schutz: Oberflächenbeschichtung (z.B. SiC, WC), Korrosionsrate < 0,005mm/Jahr.

Isolierung: Liner mit hochreinem Graphit oder Zirkonoxid mit Verunreinigungen < 1 ppb.

7.2.3 Verhindern Sie Kontaminationen und das Einbringen von Verunreinigungen

Sauberkeit: Betrieben in einem Reinraum der ISO-Klasse 4 mit einem Partikel-< von 0,1 µm.

Reinigung: Ultraschall, deionisiertes Wasser (Leitfähigkeit<1 µS/cm) vor jedem Gebrauch.

Lagerung: Vakuumversiegelt, Feuchtigkeit < 30%, verhindern Oxidation oder Adsorption.

7.3 Wartung des Wolframtiegels während des Gebrauchs

7.3.1 Regelmäßige Inspektion und Reinigung

Inspektion: Nach jeweils 10 Anwendungen mit einer mikroskopischen Auflösung von < 1 µm auf Risse und Verformungen prüfen.

Reinigung: Ultraschall (40-80 kHz) + neutrales Reinigungsmittel mit < Rückstand von 0,05 µg/cm².

Häufigkeit: Nach jedem Gebrauch reinigen und jeden Monat gründlich kontrollieren.

7.3.2 Überwachung von Oberflächenbeschädigungen und Rissen

Überwachung: Laserscanning (Genauigkeit ± 0,01 mm), Rissprüfung > 0,1 mm.

Protokoll: Schadenstiefe, Standort, Archivierungsdauer> 5 Jahre.

Behandlung: Schleifen von kleineren Schäden (Ra<0,1 µm), starke Rissverschrottung.

7.3.3 Bewertung und Optimierung der Lebensdauer

Bewertung: Notieren Sie die Anzahl der Anwendungen, die Temperatur, die Atmosphäre und <5 % des Lebensdauervorhersagefehlers.

Optimierung: Passen Sie die Rampenrate (<10 °C/min) an, um die Lebensdauer auf das 80-fache zu verlängern.

Austausch: Ersetzen, wenn der Wanddickenverlust 10 % > oder der Riss 0,2 mm >.

7.4 Fehlerbehebung beim Wolframtiegel

7.4.1 Häufige Probleme (Risse, Verformungen, Verunreinigungen)

Riss: Aufgrund von thermischer Belastung oder mechanischer Einwirkung > die Länge 0,1 mm.

Verformung: Die Abweichung der Wandstärke bei hohen Temperaturen > 0,05 mm, die das Wärmefeld beeinflusst.

Verschmutzung: Oberflächenrückstände > 0,1 µg/cm², die die Materialreinheit beeinträchtigen.

7.4.2 Methoden zur Fehlerdiagnose und -behebung

Diagnose: Zerstörungsfreie Röntgenprüfung (Auflösung < 0,01 mm) zur Analyse der Risstiefe.

Reparatur: Kleinere Riss Schleifung + Beschichtung, Rekalibrierung des Verformungstiegels (Toleranz ± 0,02 mm).

Kontaminationsbehandlung: mehrstufige Reinigung (Ultraschall + Beizen) mit Rest< 0,01 µg/cm².

7.4.3 Notfallmaßnahmen und Abschaltverfahren

Notfall: Stoppen Sie den Ofen sofort, wenn Risse oder Undichtigkeiten festgestellt werden, und

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

kühlen Sie ihn > 2 Stunden lang ab.

Abschaltung: Ausschalten, Argongas (> 99,999%), Druck 0,1 MPa.

Aufzeichnungen: Ausfallzeitpunkt, Ursachen und Behandlungsmaßnahmen sowie die Archivierungsdauer > 5 Jahre.



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Kapitel 8 Transport und Lagerung von Wolframtiegeln

Als wertvoller und leistungsstarker Metallbehälter erfordern Wolframtiegel besondere Managementmaßnahmen während des Transports und der Lagerung, um sicherzustellen, dass die Produkte vor und nach der Auslieferung nicht physisch beschädigt, korrodiert oder andere Qualitätsprobleme auftreten. In diesem Kapitel werden die grundlegenden Betriebsspezifikationen und Vorsichtsmaßnahmen vorgestellt, die beim Umlaufprozess von Wolframtiegeln befolgt werden sollten.

6.1 Anforderungen an den Transport von Wolframtiegeln

Der Wolframtiegel sollte während des Transports so weit wie möglich von starken Vibrationen, Kollisionen und Kompressionen vermieden, um Verformungen, Risse oder Kratzer auf der Oberfläche zu vermeiden. Zu diesem Zweck sollte die Transportverpackung aus starken, trockenen und stoßfesten Materialien wie Holzkisten, Schaumstoffpolstern, weichen Polstern usw. bestehen. Gleichzeitig sollten Warnzeichen wie "zerbrechlich" und "nicht abwägen" deutlich gekennzeichnet werden, um die Aufmerksamkeit des Transportpersonals auf sich zu ziehen.

Wenn es sich um einen Langstreckentransport oder einen Mehrfachumschlag handelt, wird empfohlen, eine spezielle Holzkiste oder Metallkiste für die Verpackung zu verwenden und eine Pufferschicht in die Verpackung zu legen, um äußere Einwirkungen zu absorbieren. Darüber hinaus

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

sollte es während des Transports vermieden werden, um eine Vermischung mit korrosiven, nassen oder flüchtigen Gütern zu vermeiden und chemische Schäden zu vermeiden.

6.2 Lagerbedingungen für Wolframtiegel

Bei der Lagerung von Wolframtiegel sollte er in einer trockenen, belüfteten und sauberen Umgebung aufgestellt werden und direkte Sonneneinstrahlung und hohe Luftfeuchtigkeit vermeiden, um Oberflächenoxidation oder Feuchtigkeitsrost zu vermeiden. Der Lagerort sollte nicht in der Nähe von korrosiven Chemikalien wie starken Säuren, starken Laugen und Salzen liegen, um Kontaktreaktionen zu vermeiden.

Bei der Lagerung im Lager sollte der Wolframtiegel in der Originalverpackung aufbewahrt oder in ein weiches Material eingewickelt werden, um Kratzer auf der Oberfläche zu vermeiden. Bei langfristiger Lagerung ist es ratsam, regelmäßig zu überprüfen, ob die Verpackung in gutem Zustand ist und die Luftfeuchtigkeit der Umgebung ordnungsgemäß kontrolliert wird.

6.3 Vorsichtsmaßnahmen für den Umgang mit Wolframtiegeln

Beim Umgang mit Wolframtiegeln sollten diese mit Vorsicht behandelt werden, um eine brutale Handhabung zu vermeiden. Bei größeren Tiegeln sollten Hilfsmittel wie Hubbänder und Lastwagen verwendet werden, um die Sicherheit von Menschen und Produkten zu gewährleisten. Gleichzeitig sollte die Handhabung von Personal durchgeführt werden, das mit den Eigenschaften des Produkts vertraut ist, um Schäden durch unsachgemäße Bedienung zu vermeiden.

Bei der Entnahme des Wolframtiegels aus der Transportverpackung sollte zunächst bestätigt werden, dass die Verpackungsstruktur stabil ist, um ein versehentliches Verrutschen oder Beschädigungen durch versehentliches Auspacken zu vermeiden.

6.4 Dokumentation und Kennzeichnung des Wolframtiegels

Um das Management zu stärken, sollte jede Charge Wolframtiegel von Transportaufzeichnungen, Lagerdokumenten und erforderlichen Produktetiketten begleitet werden, einschließlich Modell, Menge, Produktionschargennummer, Ankunftsdatum und anderen Informationen, um die spätere Rückverfolgbarkeit und das Qualitätsmanagement zu erleichtern. Das Etikett sollte fest angebracht sein und sich nicht lösen oder verwischen.

6.5 Ausnahmebehandlung bei Wolframtiegel

Wenn die Verpackung beschädigt ist, die Oberfläche des Produkts zerkratzt, verformt usw. wird, sollte es sofort aufgehängt und das zuständige Verwaltungspersonal zur Entsorgung während des Transports oder der Lagerung benachrichtigt werden. Falls erforderlich, sollten Schäden gemeldet oder entsprechend dem Prozess erneut getestet werden, um sicherzustellen, dass die spätere Verwendung des Produkts den grundlegenden Qualitätsanforderungen entspricht.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Kapitel 9: Nachhaltigkeit und Recycling von Wolframtiegeln

Als hochwertiges, hochtemperaturbeständiges Industriebauteil sind die Nachhaltigkeit und das Recycling von Wolframtiegeln entscheidend für Ressourcenschonung, Umweltschutz und wirtschaftliche Vorteile. In diesem Kapitel werden das Lebenszyklusmanagement, das Recycling, die Einhaltung von Umweltvorschriften und die Praktiken der Kreislaufwirtschaft von Wolframtiegeln in Kombination mit den Erfahrungen globaler Unternehmen für Wolframprodukte und den von Chinatungsten Online bereitgestellten Brancheninformationen ausführlich erörtert, die technischen Details, Prozessherausforderungen und zukünftigen Entwicklungsrichtungen analysiert und darauf abgezielt, die grüne Transformation der Wolframtiegelindustrie zu fördern.

9.1 Management des Lebenszyklus von Wolframtiegeln

Das Lebenszyklusmanagement umfasst den gesamten Prozess des Wolframtiegels von der Rohstoffgewinnung über die Produktion, Nutzung bis hin zum Recycling mit dem Ziel, die Umweltbelastung zu reduzieren, den Ressourcenverbrauch zu optimieren und die Nachhaltigkeit zu verbessern.

9.1.1 Bewertung des gesamten Zyklus von der Produktion bis zur Verwendung

Verfahrensprinzip

Die Lebenszyklusanalyse (LCA) identifiziert die wichtigsten Zusammenhänge und optimiert das Design, indem sie den Ressourcenverbrauch, den Energieverbrauch und die Umweltemissionen von Wolframtiegeln in jeder Phase quantifiziert. Der Lebenszyklus des Wolframtiegels umfasst die Rohstoffgewinnung, die Raffination, die Produktion, den Transport, die Verwendung und das Recycling.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Bewertungsprozess

Rohstoffabbau: Abbau von Wolframerz (Wolframit oder Scheelit), Aufbereiterreinheit > 99,5%, Energieverbrauch von ca. 5000 kWh pro Tonne Wolframkonzentrat.

Raffination und Produktion: Wolframpulveraufbereitung (Reinheit>99,999%), Sintern (Temperatur 1800-2500°C), Energieverbrauch von ca. 10-15 MWh/Tonne Tiegel.

Transport: Luft oder See, mit einem durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von 0,5-2 kg CO₂/t·km.

Verwendung: Hochtemperaturanwendung (1500-3000 °C), Lebensdauer 50-100 mal, Wartungsenergieverbrauch von ca. 0,1-0,5 MWh/Zeit.

Recycling: Sammlung, Reinigung, Zerkleinerung und chemische Reinigung von Abfalltiegeln mit einem Energieverbrauch von ca. 5-8 MWh/Tonne.

Technische Parameter

Ressourcenverbrauch: 1,5-2 Tonnen Wolframerz pro Tonne Tiegel und etwa 10-15 Tonnen Nebenprodukte (Tailings).

Energieeffizienz: 70 % des Energieverbrauchs in der Produktionsphase machen den gesamten Zyklus aus, und 50 % des Energieverbrauchs < den Energieverbrauch in der Produktionsphase entfallen.

Emissionen: Emissionen von etwa 20-30 Tonnen CO₂ pro Tonne Tiegelproduktion und <5 Tonnen Emissionen während der Nutzungsphase.

Lebensdauer: ca. 2-5 Jahre von der Produktion bis zur Verschrottung, abhängig von der Häufigkeit der Nutzung.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: LCA identifiziert Verbindungen mit hohem Energieverbrauch (z. B. Sintern), die den Energieverbrauch nach der Optimierung um 20 % senken können; Verlängern Sie die Lebensdauer des Tiegels (> 80 Zyklen) und reduzieren Sie den Ressourcenbedarf.

Herausforderung: Hohe Umweltbelastung in der Bergbau- und Raffineriephase, hohe Kosten für die Aufbereitung von Berge; Die Erfassung von LCA-Daten muss über die gesamte Lieferkette hinweg koordiniert werden, was sehr komplex ist.

9.1.2 Analyse der Umweltauswirkungen und des CO₂-Fußabdrucks

Verfahrensprinzip

Die CO₂-Fußabdruck-Analyse quantifiziert die Treibhausgasemissionen von Wolframtiegeln über den gesamten Zyklus hinweg, kombiniert mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung (Wasserressourcen, Boden, Ökologie), um eine Grundlage für ein umweltfreundliches Design zu schaffen. Die Umweltauswirkungen von Wolframtiegeln entstehen vor allem durch die energieintensive Produktion und die Gewinnung von Mineralien.

Analyze the content

CO₂-Fußabdruck:

Bergbau: CO₂ wird etwa 5-8 Tonnen pro Tonne Wolframkonzentrat ausgestoßen, und die Energiequelle sind hauptsächlich fossile Brennstoffe.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Produktion: Beim Sintern und Verarbeiten werden ca. 15-20 Tonnen CO₂ ausgestoßen, wobei der Stromanteil >80% beträgt.

Transport: 0,5-1 kg CO₂/Tonne km aus dem Luftverkehr und 0,1-0,2 kg CO₂/Tonne km aus dem Seeweg.

Verwendung: Die indirekten Emissionen (Strom) aus dem Hochtemperaturbetrieb betragen ca. 0,05-0,2 Tonnen CO₂/Zeit.

Recycling: Bei der chemischen Reinigung werden etwa 3-5 Tonnen CO₂ ausgestoßen, was 25 % der Produktionsemissionen ausmacht.

Weitere Auswirkungen auf die Umwelt:

Wasserressourcen: Die Aufbereitung verbraucht 50-100 m³ Wolframkonzentrat pro Tonne, und das Abwasser muss auf CSB<50 mg/L aufbereitet werden.

Boden und Ökologie: Abbau und Zerstörung von Flächen ca. 0,1-0,5 hm²/10.000 Tonnen Mine, ökologische Sanierung ist erforderlich.

Feste Abfälle: Rückstände und Sinterabfälle haben einen Tiegel von etwa 10-20 Tonnen/Tonne, der unbedenklich behandelt werden muss.

Technische Parameter

Gesamter CO₂-Fußabdruck: CO₂-Emissionen von ca. 25-35 Tonnen pro Tonne Tiegelzyklus, wobei die Produktionsphase 60%-70% ausmacht.

Wasserverbrauch: 100-200 m³/Tonne Tiegel im gesamten Zyklus, 10 m³ < in der Rückgewinnungsphase.

Verwertungsquote für feste Abfälle: Die Verwertungsquote von Abraumhalden beträgt >50 % und die Verwertungsquote von Abfalltiegeln >90 %.

Ökologische Wiederherstellung: Die Landgewinnungsrate liegt bei > 80 % und die Wiederherstellungsdauer beträgt 3-5 Jahre.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Die Analyse des CO₂-Fußabdrucks leitet eine kohlenstoffarme Produktion (z. B. die Nutzung erneuerbarer Energien), die die Emissionen um 15 % bis 20 % reduzieren kann. Durch das Abwasserrecycling wird der Wasserverbrauch um 30 % reduziert.

Herausforderung: Es ist schwierig, den Energieverbrauch bei der Herstellung von hochreinem Wolfram signifikant zu senken; Die CO₂-Emissionsdaten der globalen Lieferkette sind nicht einheitlich, und die Genauigkeit der Analyse ist begrenzt.

9.1.3 Nachhaltige Konstruktion und Fertigung

Verfahrensprinzip

Nachhaltiges Design reduziert den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastung, verlängert die Lebensdauer des Wolframtiegels und verbessert die Recyclingfähigkeit durch Optimierung der Materialauswahl, der Herstellungsprozesse und des Produktmixes.

Gestaltungsmaßnahmen

Materialoptimierung: Die Verwendung von hochreinem Wolframpulver (Reinheit > 99,999%)

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

reduziert Verunreinigungen und verbessert die Lebensdauer des Tiegels um das 100-fache.
Strukturelle Konstruktion: Die Gleichmäßigkeit der Wandstärke $\pm 0,01$ mm, reduziert die thermische Spannung, reduziert die Rissrate $< 0,1$ %.
Energiesparendes Verfahren: Plasmasintern (20 % Reduzierung des Energieverbrauchs) oder Abwärmerückgewinnung (15 % Effizienzsteigerung).
Modularer Aufbau: Der Tiegel wird in Abschnitten montiert, was für einen teilweisen Austausch geeignet ist und die Abfallrate um 50% reduziert.
Grüne Energie: Mehr als 70 % des für die Produktion verwendeten Stroms stammt aus Wind- oder Solarenergie, und die Kohlenstoffemissionen werden um 30 % reduziert.

Fertigungstechnik

3D-Druck: Präzise Kontrolle der Tiegelform, Materialausnutzung > 95 %, Abfall < 5 %.
Automatisches Sintern: KI optimiert die Temperaturkurve (Fehler ± 1 °C) und senkt so den Energieverbrauch um 10 %.
Oberflächenbehandlung: SiC- oder WC-Beschichtung (Dicke 0,05-0,1 mm), Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit, Verlängerung der Lebensdauer um 30%.
Qualitätsprüfung: Zerstörungsfreie Röntgenprüfung (Auflösung $< 0,01$ mm), Fehlerquote $< 0,05$ %).

Technische Parameter

Materialausnutzung: > 90 %, Schrott $< 0,1$ Tonnen/Tonne Tiegel.
Energieverbrauch: Der Energieverbrauch in der Produktion < 12 MWh/Tonne, was 15 % niedriger ist als beim herkömmlichen Verfahren.
Lebensdauer: Durchschnittlich 80-120 Zyklen, Ausschussrate < 5 %.
CO₂-Emissionen: Eine umweltfreundliche Herstellung reduziert die CO₂-Emissionen auf 15-20 Tonnen/Tonne Tiegel.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Nachhaltiges Design verlängert die Lebensdauer des Tiegels um 50 % und reduziert die Kohlenstoffemissionen des gesamten Zyklus um 20 %; Modularer Aufbau für einfaches Recycling.
Herausforderung: Hohe Investitionen in 3D-Druck und umweltfreundliche Energieanlagen, die die Anschaffungskosten um 20 % erhöhen; Der neue Prozess muss auf seine Stabilität über einen langen Zeitraum überprüft werden.

9.2 Recycling und Wiederverwendung von Wolframtiegeln

Recycling und Wiederverwendung sind das Herzstück der Nachhaltigkeit von Wolframtiegeln, und Abfalltiegel werden durch effiziente Recyclingprozesse und Qualitätskontrollen in hochwertige Produkte umgewandelt, wodurch die Verschwendung von Ressourcen reduziert wird.

9.2.1 Recyclingprozess für Wolframtiegel

Verfahrensprinzip

Bei der Rückgewinnung von Wolframtiegeln wird Wolfram (Reinheit $> 99,9$ %) aus Abfalltiegeln durch physikalische Zerkleinerung, chemische Reinigung und Wiederaufbereitung extrahiert, um

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

neue Produkte (wie Wolframpulver, Tiegel oder Legierungen) herzustellen.

Recycling-Prozess

Sammlung und Sortierung: Die Abfalltiegel werden nach Größe (20-500 mm), Reinheit (>99,9 %) und Verschmutzungsgrad sortiert und zum Recyclingzentrum transportiert.

Reinigung: Ultraschallreinigung (40-80 kHz), deionisiertes Wasser (Leitfähigkeit <1 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Entfernung von Resten < 0,01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ von der Oberfläche.

Zerkleinerung: hydraulischer Brecher (Druck > 100 MPa), Korngröße 0,1-5 mm, Zerkleinerungseffizienz > 95%.

Chemische Reinigung:

Säureauslaugung: HNO_3 oder HCl (Konzentration 5-10 mol/L) wurde verwendet, um Verunreinigungen aufzulösen, und die Wiederfindungsrate von Wolfram betrug >98 %.

Fällung: NH_4OH wurde zugegeben, um Ammoniumparawolframat (APT) mit einer Reinheit von > 99,95 % zu erzeugen.

Kalzinerung: 800-1000°C, WO_3 wird erzeugt, Sauerstoffgehalt <0,1 ppm.

Reduktion: H_2 -Atmosphäre (900-1100°C), Wolframpulver (Partikelgröße 0,5-5 μm) wurde hergestellt, Reinheit > 99,999%.

Wiederaufbereitung: Sintern oder Pressen, um neue Tiegel oder andere Wolframprodukte zu formen.

Technische Parameter

Rückgewinnung: Wolframrückgewinnung >95 % und Verunreinigungen < 10 ppm.

Energieverbrauch: 5-8 MWh/Tonne Recyclingenergie, was 50 % des Energieverbrauchs in der Produktion entspricht.

Abfallbehandlung: Neutralisieren Sie saure Abfälle auf pH 6-8 mit CSB <50 mg/L.

Verarbeitungszyklus: 15-30 Tage für die Rückgewinnung einer einzelnen Charge mit einer Produktionskapazität von 0,5-2 Tonnen/Monat.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Der Recyclingprozess reduziert den Ressourcenabfall auf <5 % und reduziert den Bedarf an Rohern um 30 %; Hochreines Wolframpulver kann direkt bei der Herstellung neuer Tiegel eingesetzt werden.

Herausforderung: Die Kontamination des Tiegels von Abfällen (z. B. Silikon, Galliumrückstände) erhöht die Schwierigkeit der Reinigung; Die Kosten für die flüssige Behandlung von chemischen Reinigungsabfällen sind hoch.

9.2.2 Aktueller Stand und Herausforderungen der Recyclingtechnik

Status quo

Mainstream-Technologien: Hydrometallurgie (Säurelaugung + Fällung) und Pyrometallurgie (Hochtemperaturröstung + Reduktion), Rückgewinnungsrate 90%-98%.

Ausstattung: automatischer Brecher (Wirkungsgrad > 95%), Hochtemperaturofen (Temperaturregelung $\pm 1^\circ\text{C}$), Ionenaustauschsystem (Reinheit > 99,99%).

Umfang: Die weltweite Recyclingkapazität beträgt etwa 5.000-10.000 Tonnen/Jahr, was 20 % der

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Nachfrage nach Wolframprodukten ausmacht.

Anwendung: Recyceltes Wolfram wird in Tiegeln, Legierungen und harten Werkzeugen verwendet, und die Qualität liegt nahe an reinem Wolfram.

Technische Herausforderungen

Trennung von Verunreinigungen: Der Abfalltiegel enthält Spuren von Silizium, Gallium und Platin, und die Trennkosten machen 30 % der Rückgewinnungskosten aus.

Hoher Energieverbrauch: Der Energieverbrauch für die chemische Reinigung und Hochtemperaturreduzierung beträgt 5-8 MWh/Tonne, und der Prozess muss optimiert werden.

Kleine Tiegel: Tiegel mit einem Durchmesser von <50 mm sind schwer zu zerkleinern, und der Rückgewinnungswirkungsgrad liegt bei < 90 %.

Behandlung von Abfallflüssigkeiten: Pro Tonne Abfalltiegel wird eine Abfallflüssigkeit von 0,5 bis 1 m³ erzeugt, und eine mehrstufige Neutralisation ist erforderlich, um sie auf CSB<50 mg/L zu behandeln.

Richtung der Verbesserung

Neue Technologien: elektrochemische Reinigung (20 % weniger Energieverbrauch), Plasmarösten (15 % Effizienzsteigerung).

Automatisierung: KI steuert die Reinigungsparameter (Fehler < 0,1 %) und die Wiederfindungsrate wird auf >98 % erhöht.

Grüne Chemie: Reinigung mit niedriger Säurekonzentration (<5 mol/L), wodurch die Menge an flüssigen Abfällen um 50 % reduziert wird.

Kleinanlagen: Entwicklung eines Mikrobrechers, der für kleine Tiegel geeignet ist und einen Wirkungsgrad von >95 % aufweist.

Technische Parameter

Recyclingeffizienz: 90%-98% derzeit, 99% Zielwert >.

Energieverbrauchsziel: <5 MWh/Tonne, 30 % niedriger als die derzeitige Situation.

Ableitung von Abfallflüssigkeiten: <0,3 m³ /Tonne, CSB<30 mg/L.

Gehalt an Verunreinigungen: 5 ppm Wolframpulververunreinigungen < zurückgewonnen, um hochreine Anwendungen zu erfüllen.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Die Recyclingtechnologie reduziert den Roherzabbau um 30 % und die Umweltbelastung um 20 %; Hochreines Wolframpulver erfüllt die Anforderungen von Halbleitern.

Herausforderung: Die Industrialisierung neuer Technologien dauert 3-5 Jahre, um sich zu beweisen; Die Investitionen in Recyclinganlagen für kleine Tiegel sind hoch, und es ist für kleine und mittlere Unternehmen schwierig, sie zu fördern.

9.2.3 Qualitätskontrolle von recycelten Produkten

Verfahrensprinzip

Die Qualitätskontrolle von Recyclingprodukten stellt sicher, dass recycelte Wolframprodukte (z. B.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Tiegel, Legierungen) die gleichen Eigenschaften (Reinheit, Festigkeit, Langlebigkeit) wie Neuprodukte aufweisen, um den Anforderungen von High-Tech-Anwendungen gerecht zu werden.

Maßnahmen zur Qualitätskontrolle

Chemische Analyse: ICP-MS weist Wolframpulverreinheit (>99,999 %) und Verunreinigungen <1 ppb (Si, Fe, C) nach.

Physikalische Prüfung: Laser-Partikelgrößenanalyse (Partikelgröße 0,5-5 μm), mikroskopische Inspektion der Korngleichmäßigkeit (Abweichung <5%).

Mechanische Eigenschaften: Zugfestigkeit > 800 MPa, Härte > HV 400, Temperaturschock > 500 Zyklen.

Oberflächenqualität: Rauheit Ra <0,05 μm , Oberflächenrückstand <0,01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Zerstörungsfreie Prüfung: Röntgen-CT (Auflösung <0,01 mm), Fehlerquote <0,05 %).

Verifizierungsprozess

Chargenprüfung: 10%-20% Probenahme pro Charge, Erfolgsquote > 99,5%.

Leistungstest: simulierter Einsatz bei hohen Temperaturen (1500-3000°C), Lebensdauerest > 80 Mal.

Zertifizierung: Entspricht ISO 9001, ASTM B760 (Norm für Wolframprodukte), Aufzeichnungen > 5 Jahren.

Rückverfolgbarkeitssystem: RFID oder Blockchain erfasst die Rückgewinnungscharge und die Prozessparameter, und die Rückverfolgbarkeitsrate > 99,9 %.

Technische Parameter

Reinheit: Die Reinheit des geborgenen Tiegels > 99,999 %, was mit dem Original vergleichbar ist.

Lebensdauer: 80-100 Mal, was 90 % des ursprünglichen Tiegels entspricht.

Defektrate: <0,1%, Riss <0,1 mm.

Nachweisgenauigkeit: 0,1 ppb für die chemische Analyse <, 0,01 μm für die physikalische Messung.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Eine strenge Qualitätskontrolle stellt sicher, dass die Leistung des Recyclingtiegels mehr als 90 % des Originals erreicht und die Kosten um 30 % gesenkt werden. Rückverfolgbarkeitssysteme erhöhen das Vertrauen der Kunden.

Herausforderung: Hohe Investitionen in hochpräzise Prüfgeräte, die 15 % der Rückgewinnungskosten ausmachen; Spurenverunreinigungen können Halbleiteranwendungen beeinträchtigen und erfordern eine weitere Optimierung.

9.3 Umweltvorschriften und Einhaltung von Umweltvorschriften für Wolframtiegel

Die Herstellung, das Recycling und die Abfallentsorgung von Wolframtiegeln unterliegen internationalen und nationalen Umweltvorschriften, um einen umweltfreundlichen und konformen Betrieb zu gewährleisten.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

9.3.1 Internationale und nationale Umweltvorschriften

Verfahrensprinzip

Umweltvorschriften regeln die Ressourcengewinnung, die Produktionsemissionen, die Abfallbehandlung und das Recycling in der Wolframtiegelindustrie mit dem Ziel, ökologische Schäden und Umweltverschmutzung zu reduzieren und eine nachhaltige Entwicklung zu gewährleisten.

Internationale Vorschriften

REACH: EU-Verordnung zur Begrenzung gefährlicher Chemikalien (z. B. Schwefelhexafluorid) bei der Wolframherstellung mit flüchtigen $< 0,1$ ppm.

RoHS: Beschränkung giftiger Substanzen in Wolframprodukten in elektronischen Geräten, Blei- und Cadmiumgehalt $< 0,01$ %.

Basler Übereinkommen: Kontrolle des grenzüberschreitenden Transports von Wolframabfällen, Ausfuhrgenehmigung erforderlich, Erfüllungsquote $> 99\%$.

ISO 14001: Umweltmanagementsystem, Kohlenstoffemissionen, Abwasser, feste Abfälle erfordern eine jährliche Prüfung.

Inländische Vorschriften

Umweltschutzgesetz der Volksrepublik China: Die Abraumbehandlungsrate beträgt > 80 % und der CSB des Abwassers beträgt < 50 mg/l.

"Gesetz über die Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle": Abfalltiegel müssen getrennt recycelt werden, und die Verwertungsquote beträgt > 90 %.

"Gesetz zur Förderung einer saubereren Produktion": Der Energieverbrauch in der Produktion < 15 MWh/Tonne, und grüne Energie macht > 30 % aus.

"Tungsten Industry Standard Conditions": Die Gewinnungsrate im Bergbau beträgt > 85 % und die Aufbereitungsrate > 90 %.

Anforderungen an die Implementierung

Compliance-Prozess: Reichen Sie eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) mit einer Genehmigungsfrist von < 3 Monaten ein.

Monitoring: Online-Überwachung von Abgasen ($\text{SO}_2 < 200$ mg/m³) und Abwasser (pH 6-9) mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ %.

Aufzeichnungen: Umweltdaten werden 5 Jahre lang archiviert $>$ und Transparenz $> 95\%$.

Strafe: Es wird eine Geldstrafe von 10-1 Million Yuan wegen illegaler Einleitung verhängt, und in schwerwiegenden Fällen wird die Genehmigung widerrufen.

Technische Parameter

Compliance-Quote: $> 99,5$ %, Erfolgsquote bei jährlichen Audits > 98 %.

Emissionsnorm: $\text{CO}_2 < 30$ Tonnen/Tonne Tiegel, Abwasser < 100 m³/Tonne.

Rückgewinnungsquote: > 90 % der Abfalltiegel, > 50 % der Berge.

Überwachungshäufigkeit: täglich für Abgase und Abwasser, monatlich für feste Abfälle.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Ein konformer Betrieb reduziert rechtliche Risiken und erhöht die Wettbewerbsfähigkeit des Marktes; Regulierungen treiben die Entwicklung grüner Technologien voran.

Herausforderung: Regulatorische Unterschiede in mehreren Ländern erhöhen die Compliance-Kosten; Kleine und mittlere Unternehmen können sich die Kosten für eine hochfrequente Überwachung nicht leisten.

9.3.2 Normen für Abfallentsorgung und -einleitung

Verfahrensprinzip

Die bei der Herstellung und dem Recycling von Wolframtiegeln anfallenden Abfälle (Rückstände, flüssige Abfälle, Abgase) sollten nach Normen behandelt werden, um die Umweltbelastung zu verringern und die Emissionsanforderungen zu erfüllen.

Schrottarten und Entsorgung

Tailings: Für die Lagerung ist eine undurchlässige Membran aus Aufbereitungsabfällen erforderlich, die < 0,5 % Wolfram enthält (Dicke >1 mm) und die Rückgewinnungsrate beträgt >50 %.

Abfallflüssigkeit: Beizabfallflüssigkeit (pH<2), neutralisiert auf pH 6-9, CSB<50 mg/L, Schwermetalle<0,1 mg/L.

Abgas: Sinterabgas (mit SO₂, NO_x), das nach Entschwefelung und Denitrifikation abgeführt wird, SO₂<200 mg/m³, NO_x<100 mg/m³.

Feste Abfälle: Tiegelfragmente aus dem Abfall, die Verwertungsquote beträgt >90 % und der nicht recycelbare Teil wird harmlos deponiert.

Aufbereitungstechnik

Rückstände: Flotation + magnetische Abscheidung, 50 % des Wolframs > zurückgewonnen, der Rest wird für Baumaterialien (Festigkeit > 10 MPa) verwendet.

Abfallflüssigkeit: mehrstufige Neutralisation + Ionenaustausch, Recyclingquote > 80%.

Abgas: Nassentschwefelung (Wirkungsgrad > 95%), SCR-Denitrifikation (Wirkungsgrad > 90%).

Feste Abfälle: Zerkleinerung + chemische Reinigung, Wolframrückgewinnungsrate >95%, Verfestigung von Abfallrückständen (Schwermetalllaugung<0,01 mg/L).

Technische Parameter

Entsorgungsquote der Berge: >80 %, gewonnenes Wolfram > 0,3 %.

Austrag von Abfallflüssigkeiten: CSB <50 mg/L, Schwermetall <0,05 mg/L, Zirkulationsrate >80%.

Abgasemissionen: SO₂ <150 mg/m³, NO_x <80 mg/m³, Feinstaub <10 mg/m³.

Verwertungsquote fester Abfälle: >90 %, Deponiequote <5 %.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Eine effiziente Abfallbehandlung reduziert die Umweltbelastung um 80%, Recycling spart Ressourcen um 30%; Halten Sie Gesetze und Vorschriften ein, um das Image des Unternehmens zu verbessern.

Herausforderung: Hohe Investitionen in Anlagen zur Behandlung von flüssigen Abfällen und

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Abgasen, die 20 % der Betriebskosten ausmachen; Die Technologie zur Bergerückgewinnung muss weiter optimiert werden.

9.3.3 Compliance-Zertifizierung und -Audit

Verfahrensprinzip

Die Compliance-Zertifizierung und das Audit überprüfen die Compliance von Wolframtiegel-Unternehmen in Bezug auf Umweltschutz, Qualität und Sicherheit und stellen die Einhaltung von Vorschriften und Kundenanforderungen sicher.

Art der Zertifizierung

ISO 14001: Umweltmanagementsystem, das Produktion, Recycling, Abfallentsorgung abdeckt, Zertifizierungszyklus von 3 Jahren.

ISO 9001: Qualitätsmanagementsystem, Reinheit des Tiegels, Erfolgsquote von Leistungstests > 99,5 %.

OHSAS 18001: Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, Unfallquote < 0,1 %, Abdeckung der Mitarbeiterschulung 100 %.

Grüne Zertifizierung: wie z. B. China Environmental Label, Kohlenstoffemission < 25 Tonnen/Tonne Tiegel.

Ablauf der Prüfung

Interne Revision: Vierteljährliche Inspektion von Umweltdaten und Abfallentsorgungsprotokollen mit einem Erfassungsgrad von > 95 %.

Externes Audit: Drittorganisation (z.B. SGS, TÜV), jährliches Audit, Compliance-Quote > 98%.

Datenübermittlung: Daten zu Abgasen, Abwasser, Einleitung fester Abfälle, Echtzeit-Upload an die Umweltschutzabteilung, Fehler <1%.

Berichtigung: Wenn Verstöße festgestellt werden, beträgt die Berichtigungsfrist < 30 Tage, und die Erfolgsquote der Überprüfung > 99 %.

Technische Parameter

Erfolgsquote der Zertifizierung: >98%, gültig für 3-5 Jahre.

Häufigkeit der Prüfung: alle 3 Monate intern, 1 Mal pro Jahr extern.

Datengenauigkeit: Emissionsüberwachung $\pm 0,01\%$, archiviert > seit 5 Jahren.

Nachbesserungsrate: Die Nachbesserungsrate von nicht konformen Artikeln > 99 % und die Reaktionszeit < 7 Tage.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Die Zertifizierung stärkt das Vertrauen des Marktes und zieht grüne Investitionen an; Audits stellen die Einhaltung der Vorschriften sicher und verringern das Risiko von Bußgeldern.

Herausforderung: Hohe Zertifizierungs- und Auditgebühren, die 10 % der Verwaltungskosten ausmachen; Die Koordinierung mehrerer Normen erhöht den Verwaltungsaufwand.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

9.4 Praxis der Kreislaufwirtschaft in Wolframtiegeln

Die Kreislaufwirtschaft maximiert den Wert von Wolframtiegeln und reduziert Ressourcenverschwendung und Umweltbelastung durch geschlossenes Kreislaufmanagement, Ressourcenrückgewinnung und Zusammenarbeit mit der Industrie.

9.4.1 Geschlossener Kreislauf für Wolframressourcen

Verfahrensprinzip

Das Closed-Loop-Management integriert die Rückgewinnung, Wiederverwendung und Reproduktion von Wolframtiegeln, um ein Ressourcenrecyclingsystem zu bilden, die Abhängigkeit von Roherz zu verringern und die Ressourceneffizienz zu verbessern.

Managementmaßnahmen

Recyclingnetzwerk: Einrichtung einer globalen Recyclingstelle für Abfalltiegel mit einer Abdeckungsquote von > 80 % und einer Sammeleffizienz von > 90 %.

Wiederverwendungskette: Recyceltes Wolframpulver wird direkt in neuen Tiegeln, Legierungen oder Werkzeugen mit einer Recyclingquote von > 70 % verwendet.

Datenplattform: Die Blockchain erfasst den Lebenszyklus des Tiegels (Produktion, Recycling, Verarbeitung) und die Rückverfolgbarkeitsrate > 99,9 %.

Grüne Lieferkette: Priorisieren Sie den Einkauf von recyceltem Wolfram, reduzieren Sie den Einsatz von Roherz um 30 % und > Compliance-Rate der Lieferanten um 95 %.

Technische Parameter

Recyclingquote: Die Recyclingquote von Wolframrohstoffen > 70 %, das Ziel > 85 %.

Recyclingabdeckung: 80 % > großen Märkten und 50 % > kleinen und mittleren Märkten.

Datenintegrität: Lebenszyklusdaten werden > 5 Jahre lang archiviert, mit einem Fehler von < 0,1 %.

Abhängigkeit vom Roherz: 30%-50% Reduzierung, Abbaukapazität < 5000 Tonnen/Jahr.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Closed-Loop-Management reduziert den Ressourcenverbrauch um 30 % und die CO₂-Emissionen um 20 %; Die Datenplattform verbessert die Effizienz der Lieferkette um 25 %.

Herausforderung: Es dauert 5-10 Jahre, um ein globales Recyclingnetzwerk aufzubauen, mit hohen Anfangsinvestitionen; Die ungleichmäßige Qualität des Rückgewinnungstiegels muss standardisiert werden.

9.4.2 Analyse des wirtschaftlichen Nutzens des Recyclings

Verfahrensprinzip

Die wirtschaftlichen Vorteile des Recyclings ermöglichen eine nachhaltige Entwicklung der Wolframtiegelindustrie, indem sie die Rohstoffkosten senken, die Kosten für die Umweltbehandlung senken und neue Einnahmequellen schaffen.

Nutzen-Analyse

Kosteneinsparung: Die Kosten für recyceltes Wolfram betragen etwa 50 % bis 60 % des neuen

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Wolframs, wodurch 0,5 bis 10.000 Yuan pro Tonne eingespart werden.

Umweltkosten: Reduzieren Sie die Behandlung von Abraumhalden und Abfällen, sparen Sie 20 % bis 30 % der Umweltschutzkosten, etwa 0,1 bis 0,30000 Yuan / Tonne.

Neue Einnahmen: Verkauf von recyceltem Wolframpulver, Gewinnspanne von 10%-15%, Jahreseinkommen von bis zu 50 Millionen Yuan (mittlere Unternehmen).

Return on Investment: Die Amortisationszeit der Recyclinganlage beträgt 3-5 Jahre und der Kapitalwert (NPV) beträgt >0.

Technische Parameter

Kostensenkung: Die Kosten für das Recycling von Tiegeln < 80.000 Yuan/Tonne und die ursprünglichen Kosten > 150.000 Yuan/Tonne.

Gewinnspanne: Die Gewinnspanne beim Verkauf von Recyclingprodukten > 10 % und die Gesamtgewinnmarge > 8 %.

Investitionsumfang: Investition in eine mittelgroße Recyclinglinie von 0,5 bis 100 Millionen Yuan, Produktionskapazität von 500 bis 1000 Tonnen / Jahr.

Amortisationszeit: 3-5 Jahre, interner Zinsfuß (IRR) > 15%.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Recycling senkt die Produktionskosten um 30 % und erhöht die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen; Neue Einnahmequellen, diversifizierte Gewinnmodelle.

Herausforderung: Die Anfangsinvestitionen in Recyclinganlagen sind hoch, und der finanzielle Druck auf kleine und mittlere Unternehmen ist hoch; Die Marktakzeptanz von Recyclingprodukten muss verbessert werden.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Tungsten Crucible Introduction

1. Overview of Tungsten Crucibles

Tungsten crucibles are essential tools in the fields of metallurgy, chemistry, and materials science. They are particularly suitable for processes that involve melting or heating substances to extremely high temperatures. Studies have shown that tungsten crucibles perform exceptionally well in applications such as sapphire crystal growth, rare earth metal melting, vacuum coating, and high-temperature furnaces.

2. Features of Tungsten Crucibles

Ultra-high melting point: Making them ideal for extreme high-temperature environments.

High purity: purity of $\geq 99.95\%$ minimizes the impact of impurities on experiments or production processes.

Excellent corrosion resistance: Offering outstanding chemical stability.

High density and low vapor pressure: Ensuring material stability.

High strength and wear resistance: Ensuring long service life.

Low surface roughness: Reducing residue buildup and extends the crucible's lifespan.

3. Applications of Tungsten Crucibles

Rare earth metal melting: Performed in vacuum or inert gas environments to ensure material purity.

Vacuum coating: Used in thermal evaporation-deposition technology in electronics manufacturing.

High-temperature furnaces: Functions as a key component capable of withstanding environments below 2400°C.

Chemical synthesis: Suitable for handling corrosive substances such as acids and molten metals.

Metal smelting and refining: Used for melting and refining high-purity metals.

Sapphire crystal growth: Utilized for melting and holding materials like silicon, gallium arsenide, and germanium in semiconductor production at temperatures between 2000 – 2500° C.

4. Specifications of Tungsten Crucibles

Specification	Details
Material	Pure tungsten or tungsten alloy
Purity	99.95%
Diameter	20–620 mm
Height	20–500 mm
Wall Thickness	3.5–30 mm (depending on diameter)
Shape	Round, square, rectangular, stepped, or customized shapes
Surface Finish	Smooth inner and outer walls, no internal cracks

5. Purchasing Information

Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

9.4.3 Zusammenarbeit der Industrie und Modelle der Kreislaufwirtschaft

Verfahrensprinzip

Die Zusammenarbeit in der Industrie baut ein Ökosystem der Kreislaufwirtschaft auf, indem vor- und nachgelagerte Unternehmen, Regierungen und wissenschaftliche Forschungseinrichtungen integriert werden, um die nachhaltige Produktion und das Recycling von Wolframtiegeln zu fördern.

Kooperationsmodell

Zusammenarbeit zwischen Industrie, Universität und Forschung: Entwicklung hocheffizienter Rückgewinnungstechnologien (z. B. elektrochemische Reinigung) mit Universitäten und Forschungsinstituten und Erhöhung der Rückgewinnungsrate auf >99 %.

Supply Chain Alliance: Zusammenarbeit mit Bergbauunternehmen, Produzenten und Recyclern, um eine geschlossene Lieferkette mit einer Ressourcenauslastung von > 80 % aufzubauen.

Politische Unterstützung: Zusammenarbeit mit der Regierung, um Recycling-Subventionen (0,1-05.000 Yuan/Tonne) und Steuersenkungen > 10% anzustreben.

Industriestandard: Formulieren Sie Spezifikationen für die Rückgewinnung von Wolframtiegeln (z. B. Reinheit > 99,99 %, Verunreinigungen < 5 ppm) und die Förderrate > 90 %.

Technische Parameter

Abdeckung der Zusammenarbeit: 70 % der Mitglieder der Industrieallianz > und 50 % der kleinen und mittleren Unternehmen >.

Rückgewinnungsquote: 85 % > Pilotprojekte und 70 % > im Branchendurchschnitt.

Technologieförderungsquote: 60 % der Anwendung neuer Recyclingtechnologien >, und der Förderzyklus < 3 Jahre.

Öffentliches Bewusstsein: Die Werbung für die Kreislaufwirtschaft deckt 80 % > Zielkunden ab, und die Bekanntheitsgrad > 90 %.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Die Zusammenarbeit mit der Industrie senkt die F&E-Kosten um 20 % und beschleunigt die Technologieförderung; Die Politik befürwortet eine Erhöhung der Recyclingquote um 30 Prozent.

Herausforderungen: Die Verteilung der vor- und nachgelagerten Vorteile muss koordiniert werden, und die Managementkosten der Allianz sind hoch. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) haben eine geringe Beteiligung und brauchen Anreize.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Kapitel 10 Normen und Vorschriften für Wolframtiegel

Als industrielle Hochleistungskomponenten werden Wolframtiegel nach strengen Normen und Vorschriften hergestellt, getestet und angewendet, um Qualität, Leistung und Sicherheit zu gewährleisten. In diesem Abschnitt werden die Anforderungen der chinesischen nationalen Normen (GB), der Internationalen Organisation für Normung (ISO), der amerikanischen Normen (ASTM) und anderer internationaler Normen für Wolframtiegel in Kombination mit den praktischen Erfahrungen globaler Unternehmen für Wolframprodukte und den von Chinatungsten Online bereitgestellten Brancheninformationen ausführlich erörtert, die technischen Details, Prüfmethode und Konformitätsanforderungen der Normen analysiert, und bietet standardisierte Anleitungen für Hersteller und Anwender.

10.1 Chinesischer nationaler Standard (GB)

Die chinesische nationale Norm (GB) enthält detaillierte technische Spezifikationen für die Herstellung, Inspektion und Anwendung von Wolframtiegeln, die Materialeigenschaften, Herstellungsprozesse und Qualitätskontrollen abdecken, um sicherzustellen, dass die Anforderungen des nationalen und internationalen Marktes erfüllt werden.

10.1.1 GB/T 3875-2017: Allgemeine technische Bedingungen für Wolframprodukte

Überblick über die Norm

GB/T 3875-2017 legt die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften, den Herstellungsprozess und die Prüfverfahren von Wolframprodukten (einschließlich Wolframtiegeln, Wolframplatten, Wolframstäben usw.) fest, die für industrielle Hochtemperaturanwendungen (z. B. Halbleiter, Luft- und Raumfahrt) geeignet sind.

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Technische Voraussetzungen

Chemische Zusammensetzung: Wolframreinheit >99,95 %, Gehalt an Verunreinigungen (Fe, Ni, C usw.) <100 ppm, Gaselemente (O, N) <50 ppm.

Physikalische Eigenschaften:

Dichte: > 19,1 g/cm³ (gesintert), > 19,25 g/cm³ (geschmiedet).

Zugfestigkeit: > 600 MPa (Raumtemperatur), > 300 MPa (1000°C).

Härte: > HV 350 (Raumtemperatur).

Oberflächenqualität: Rauheit Ra<0,2 µm, keine Risse, Porosität oder Einschlüsse (Durchmesser > 0,1 mm).

Maßtoleranzen: Durchmesser ± 0,05 mm, Wandstärke ± 0,02 mm, geeignet für Tiegeldurchmesser 20-500 mm.

Herstellungsverfahren: Pulvermetallurgie (Sintertemperatur 1800-2500°C), Vakuum oder inerte Atmosphäre (Sauerstoffgehalt < 10 ppm).

Prüfmethode:

Chemische Analyse: ICP-MS (Genauigkeit ± 0,1 ppm) zum Nachweis von Verunreinigungen, Gasanalysator (Genauigkeit ± 0,01 ppm) zur Messung des O- und N-Gehalts.

Physikalische Prüfung: Universalprüfmaschine zur Messung der Zugfestigkeit (Fehler ±1%), Vickers-Härteprüfer zur Messung der Härte (Fehler ±5 HV).

Oberflächeninspektion: optisches Mikroskop (Auflösung < 1 µm) zur Überprüfung auf Defekte, Oberflächenrauheitsmessgerät (Genauigkeit ± 0,01 µm).

Maßmessungen: Laser-Entfernungsmesser (Genauigkeit ± 0,01 mm) mit Toleranzen nach ISO 2768.

Compliance-Anforderungen

Inspektionsbericht: Jede Charge enthält einen Testbericht über die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften und die Größe, der >5 Jahre lang archiviert wird.

Qualitätszertifizierung: ISO 9001-konform, Chargendurchlaufquote > 99,5 %.

Anwendungen: Es eignet sich für das Wachstum von monokristallinem Silizium, die Verhüttung von Seltenerdmetallen usw. und erfüllt die Anforderungen an eine hohe Reinheit (>99,999%).

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Der Standard deckt die Leistung von Wolframprodukten vollständig ab, und die Nachweismethode ist genau, um die Zuverlässigkeit des Tiegels zu gewährleisten. Unterstützung der Exportwettbewerbsfähigkeit der chinesischen Wolframindustrie.

Herausforderung: Hohe Reinheitsanforderungen erhöhen die Produktionskosten; Für kleine Unternehmen ist es schwierig, mit hochpräzisen Prüfgeräten ausgestattet zu werden.

10.1.2 GB/T 3459-2022: Technische Anforderungen an Wolframtiegel

Überblick über die Norm

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

GB/T 3459-2022 wurde speziell für Wolframtiegel formuliert und spezifiziert deren Anforderungen an Design, Herstellung, Inspektion und Verpackung für Hochtemperaturanwendungen in der Halbleiter-, Photovoltaik- und Metallurgieindustrie.

Technische Voraussetzungen

Material: Wolframreinheit >99,99%, Verunreinigungen (Si, Fe, Mo) <50 ppm, Gaselemente <20 ppm.

Leistung:

Temperaturbeständigkeit: > 3000 ° C, Temperaturschock > 500 mal, keine Risse (>0,1 mm).

Wärmeleitfähigkeit: > 100 W/m • K (1000 ° C), wodurch ein gleichmäßiges Wärmefeld ± 5 ° C gewährleistet wird.

Oberflächengüte: Ra<0,1 μ m, um Materialanhaftungen zu verhindern.

Abmessungen & Konstruktion:

Durchmesser: 20-500 mm, Wandstärke 1-10 mm, Toleranz $\pm 0,02$ mm.

Form: rund oder kundenspezifisch, Abweichung der unteren Dicke < 0,05 mm.

Herstellungsverfahren: isostatisches Pressen (Druck > 200 MPa), Vakuumsintern (Temperatur > 2200°C, Sauerstoffgehalt <5 ppm).

Verpackung: Vakuumversiegelt (<10 Pa), stoßfester Schaumstoff (Dicke > 10 mm), gemäß GB/T 191.

Prüfmethode:

Leistungstest: simulierter Hochtemperaturofenbetrieb bei 3000 °C, Thermoschocktest (Temperaturanstieg und -abfall 10 °C/min), Rissprüfung (Röntgen, Auflösung < 0,01 mm).

Oberflächenanalyse: Rasterkraftmikroskopie (AFM, Genauigkeit $\pm 0,001$ μ m) zur Messung der Rauheit, Rasterelektronenmikroskopie (REM) zur Überprüfung mikroskopischer Defekte.

Maßprüfung: Koordinatenmessgerät (KMG, Genauigkeit $\pm 0,005$ mm) mit Toleranzen nach ISO 1101.

Chemische Detektion: GD-MS (Glimmentladungs-Massenspektrometrie, Genauigkeit $\pm 0,05$ ppm) für Verunreinigungen.

Compliance-Anforderungen

Chargenprüfung: 5%-10% Probenahme pro Charge, Erfolgsquote > 99,8%.

Zertifizierung: Es muss Tests von Drittanbietern (z. B. SGS) bestehen und berichten, dass es die CNAS-Anforderungen erfüllt.

Anwendung: Es wird für die Züchtung von einkristallinem Silizium nach der Czochralski-Methode und die Herstellung von Saphirkristallen mit einer Reinheit von > 99,999% verwendet.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Standardmäßig optimiert für Hochtemperaturanwendungen in Tiegeln, um eine stabile Leistung zu gewährleisten; Die Detektionsmethode ist fortschrittlich und unterstützt eine

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

hochpräzise Fertigung.

Herausforderung: Strenge Anforderungen an Oberfläche und Reinheit erschweren den Prozess; Die Investitionen in Prüfgeräte sind hoch, und die Implementierungskosten kleiner und mittlerer Unternehmen sind hoch.

10.1.3 YB/T 5174-2020: Industriestandard für Wolframtiegel

Überblick über die Norm

YB/T 5174-2020 ist der Industriestandard für Wolframtiegel, der GB/T 3459-2022 ergänzt und sich auf die Standardisierung des Produktionsprozesses, die Qualitätskontrolle und die Umweltschutzanforderungen konzentriert und auf Unternehmen in der chinesischen Wolframindustrie anwendbar ist.

Technische Voraussetzungen

Rohstoffe: Wolframpulver mit einer Partikelgröße von 0,5-5 μm , Reinheit > 99,99 %, O-Gehalt < 10 ppm.

Leistung:

Korrosionsbeständigkeit: beständig gegen Korrosion durch geschmolzenes Silizium und Gallium, mit einer Korrosionsrate von < 0,01 mm/Jahr.

Mechanische Festigkeit: Zugfestigkeit > 700 MPa (Raumtemperatur), > 200 MPa (2000 ° C).

Thermische Stabilität: Verformungsrate < 0,1 % bei 3000 °C, Wärmeausdehnungskoeffizient < $4,5 \times 10^{-6}/\text{K}$.

Herstellung: CVD-Beschichtung (SiC, Dicke 0,05-0,1 mm) für verbesserte Korrosionsbeständigkeit, Reinheit der Sinteratmosphäre > 99,999%.

Umweltschutz: Produktionsabwasser CSB < 50 mg/L, Abgas SO_2 < 200 mg/m³, Bergerückgewinnungsgrad > 50%.

Prüfmethode:

Korrosionstest: Eintauchen in geschmolzenes Silizium (1600°C, 24 Stunden), Messung der Korrosionstiefe (Genauigkeit $\pm 0,001$ mm).

Mechanische Prüfung: Hochtemperatur-Zugversuch (2000°C, Fehler $\pm 1\%$), Härteprüfung (Fehler ± 5 HV).

Prüfung des Umweltschutzes: Online-Überwachung von Abwasser (pH 6-9, Genauigkeit $\pm 0,01$), Abgasen (Feinstaub < 10 mg/m³).

Qualitätskontrolle: vollständige Inspektion der Größe jeder Charge (Toleranz $\pm 0,01$ mm), Probenahmeleistung (Durchlaufquote > 99,5%).

Compliance-Anforderungen

Aufzeichnungen: Produktion, Prüfung, Archivierung von Umweltschutzdaten > 5 Jahren, Rückverfolgbarkeitsgrad > 99,9%.

Zertifizierung: ISO 14001 konform, Abfallentsorgung unterliegt der örtlichen Umweltschutzzulassung.

Anwendung: Es eignet sich für die Herstellung von photovoltaischen Siliziumwafern und die

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Herstellung von Verbindungshalbleitern (z. B. GaN).

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Standards in Kombination mit Umweltschutzanforderungen zur Förderung einer umweltfreundlichen Produktion; Stark industrieorientiert und für den chinesischen Markt geeignet. Herausforderung: Hohe Frequenz von Umweltschutzprüfungen, steigende Betriebskosten; Für kleine Unternehmen ist es schwierig, die Inspektionsanforderungen in vollem Umfang zu erfüllen.

10.2 Normen der Internationalen Organisation für Normung (ISO)

Die ISO-Norm bietet eine weltweit einheitliche Spezifikation für das Qualitätsmanagement, das Umweltmanagement und die Hochtemperatur-Leistungsprüfung von Wolframtiegeln, um die Konsistenz und Zuverlässigkeit der Produkte auf dem internationalen Markt zu gewährleisten.

10.2.1 ISO 9001:2015: Qualitätsmanagementsystem

Überblick über die Norm

ISO 9001:2015 legt die Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem (QMS) fest, das auf die Produktion, die Inspektion und das Lieferkettenmanagement von Wolframtiegeln anwendbar ist, um die Produktkonsistenz und Kundenzufriedenheit zu gewährleisten.

Technische Voraussetzungen

Prozesskontrolle: Von der Beschaffung der Rohstoffe bis zur Auslieferung der fertigen Produkte wird der Prozess dokumentiert, die Abweichung beträgt $<1\%$.

Qualitätsziele: Chargendurchlaufquote $> 99,5\%$, Kundenbeschwerdequote $< 0,1\%$.

Prüfung: Die chemische Zusammensetzung (Reinheit $> 99,99\%$), die Abmessungen (Toleranz $\pm 0,02$ mm), die Leistung (Temperaturschock > 500 Mal) werden vollständig erfasst.

Kontinuierliche Verbesserung: jährliches Qualitätsaudit, die Umsetzungsquote von Verbesserungsmaßnahmen $> 95\%$.

Wie man es macht

Dokumentenmanagement: elektronische Qualitätsaufzeichnungen, Archivierung > 5 Jahren, Rückverfolgbarkeitsgrad $> 99,9\%$.

Schulung: Die jährliche Schulungsdauer $>$ der Mitarbeiter beträgt 20 Stunden, die Deckungsquote liegt bei 100% und die Erfolgsquote $> 95\%$.

Audit: Internes Audit alle 6 Monate, externes Audit jedes Jahr, Zertifizierung gültig für 3 Jahre.

Kundenfeedback: Beschwerdeantwort < 24 Stunden, Lösungsquote $> 98\%$.

Compliance-Anforderungen

Zertifizierung: Eine Zertifizierung durch Dritte (z. B. TÜV, SGS) ist erforderlich, und die Erfolgsquote liegt bei $> 98\%$.

Anwendung: Abdeckung der Herstellung, Prüfung, Verpackung von Wolframtiegeln, geeignet für Halbleiter und Luft- und Raumfahrt.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Aufzeichnungen: Qualitätsdaten und Auditberichte werden > 5 Jahre archiviert und die Transparenz > 90%.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Verbesserung der Konsistenz der Produktqualität und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt; Hohe weltweite Anerkennung, gut für den Export.

Herausforderungen: Hohe Kosten für Zertifizierung und Audit, schwierige Umsetzung für kleine und mittlere Unternehmen; Das Dokumentenmanagement muss digital unterstützt werden.

10.2.2 ISO 14001:2015: Umweltmanagementsystem

Überblick über die Norm

ISO 14001:2015 legt die Anforderungen an ein Umweltmanagementsystem (UMS) fest, das das Umweltmanagement bei der Herstellung und dem Recycling von Wolframtiegeln leitet, um Kohlenstoffemissionen und Abfallverschmutzung zu reduzieren.

Technische Voraussetzungen

Umweltziele: CO₂-Emissionen < 30 Tonnen/Tonne Tiegel, CSB <50 mg/L im Abwasser, Rückgewinnungsrate > 50 %.

Ressourcenmanagement: 90 % > Einsatz von Rohstoffen und 15 % Verbesserung der Energieeffizienz.

Abfallbehandlung: Abgas SO₂<200 mg/m³, flüssige Schwermetalle <0,1 mg/l, Verwertungsgrad fester Abfälle>90 %.

Monitoring: Online-Umweltüberwachung (Genauigkeit ± 0,01%), Datenarchivierung > 5 Jahre.

Wie man es macht

Umweltprüfung: Jährliche Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), 100 % Deckung.

Schulung: Die Schulung der Mitarbeiter zum Umweltschutz > 10 Stunden/Jahr mit einer Deckungsquote von > 95 %.

Audit: Vierteljährlich intern, jährlich extern, mit einer Nachbesserungsquote von > 99%.

Grüne Technologie: Abwärmenutzung (Wirkungsgrad > 15 %), erneuerbare Energien (> 30 %).

Compliance-Anforderungen

Zertifizierung: Die Zertifizierung nach ISO 14001 ist erforderlich, der Zyklus beträgt 3 Jahre und die Erfolgsquote beträgt >98%.

Anwendung: Abdecken von Produktion, Recycling, Abfallentsorgung, REACH, RoHS-Konformität.

Bericht: Die Umweltdaten sind offen, die Transparenz > 95 % und die Archivierung > 5 Jahre.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Reduzierung der Umweltbelastung um 20 % und Verbesserung des grünen Images des Unternehmens; Die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften reduziert das Risiko von Bußgeldern.

Herausforderung: Hohe Investitionen in Umweltüberwachungsgeräte, die 10 % bis 15 % der Betriebskosten ausmachen; Kleine und mittlere Unternehmen haben Schwierigkeiten, die

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Anforderungen an hochfrequente Audits zu erfüllen.

10.2 Normen der Internationalen Organisation für Normung (ISO) (Fortsetzung)

10.2.3 ISO 15730:2000: Prüfung der Hochtemperatureigenschaften von metallischen Werkstoffen

Überblick über die Norm

ISO 15730:2000 legt ein Prüfverfahren für die Leistung von metallischen Werkstoffen in Hochtemperaturumgebungen fest, das zur Bewertung der thermischen Stabilität, der mechanischen Festigkeit und der Korrosionsbeständigkeit von Wolframtiegeln geeignet ist, um ihre Zuverlässigkeit unter extremen Bedingungen zu gewährleisten.

Technische Voraussetzungen

Prüftemperatur: 1000 °C bis 3000 °C, Genauigkeit der Temperaturregelung ± 2 °C.

Leistungsindikatoren:

Zugfestigkeit: > 200 MPa (2000 °C), Fehler ± 1 %.

Temperaturwechselleistung: > 500 Zyklen (Temperaturanstieg und -abfall 10 °C/min), keine Risse ($> 0,1$ mm).

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen geschmolzenes Silizium und Gallium, die Korrosionsrate $< 0,01$ mm/Jahr.

Testumgebung: Vakuum ($< 10^{-5}$ Pa) oder inerte Atmosphäre (Sauerstoffgehalt < 1 ppm).

Anforderungen an die Stichprobe: Tiegelquerschnitte (Dicke 1-5 mm), Oberflächenrauheit $Ra < 0,2$ μ m.

Prüfmethode:

Hochtemperaturzug: Hochtemperatur-Universalprüfmaschine (Belastungsgenauigkeit $\pm 0,5$ %), prüfen Sie die Festigkeit bei 2000 °C.

Thermoschocktest: schnelle Rampe und Temperatur des Ofens (Geschwindigkeit 10-20 °C/min), Röntgenerkennung von Rissen (Auflösung $< 0,01$ mm).

Korrosionstest: Tauchtest (1600-2000°C, 24 Stunden), REM-Analyse der Korrosionstiefe (Genauigkeit $\pm 0,001$ mm).

Datenaufzeichnung: Elektronische Archivierung von Prüfparametern und -ergebnissen für einen Zeitraum von > 5 Jahren.

Compliance-Anforderungen

Berichterstattung: Für jede Charge werden Berichte über die Leistung bei hohen Temperaturen gemäß den Laborstandards ISO 17025 erstellt.

Zertifizierung: Die Prüfmittel müssen kalibriert werden (Fehler $< 0,5$ %) und die Ergebnisse können nachvollzogen werden.

Anwendung: Wird in Kernreaktoren, in der Luft- und Raumfahrt zur Überprüfung von Hochtemperaturkomponenten verwendet.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Standardprüfmethoden gewährleisten eine gleichbleibende Hochtemperaturleistung von Tiegeln, um den Anforderungen extremer Anwendungen gerecht zu werden. Hohe internationale Anerkennung.

Herausforderung: Hochtemperatur-Testgeräte sind teuer, die Kosten für einen einzelnen Test betragen etwa 0,5-10.000 Yuan, und die Simulation komplexer Umgebungen erfordert professionelle Fähigkeiten.

10.3 Amerikanische Normen (ASTM)

ASTM-Normen bieten detaillierte Leitlinien zu Materialspezifikationen, Leistungstests und chemischen Analysen von Wolframtiegeln, die auf dem nordamerikanischen und globalen Markt weit verbreitet sind.

10.3.1 ASTM B760-07 (2019): Standardspezifikation für Wolframbleche, -bleche und -folien

Überblick über die Norm

ASTM B760-07 (2019) legt die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften und die Herstellungsanforderungen von Wolframplatten, -blechen und -folien fest und gilt für die Herstellung von Wolframtiegelrohstoffen oder -komponenten.

Technische Voraussetzungen

Chemische Zusammensetzung: Wolframreinheit >99,95%, Verunreinigungen (Fe, Ni, C) <100 ppm, O <20 ppm.

Mechanische Eigenschaften:

Zugfestigkeit: > 550 MPa (Raumtemperatur), > 150 MPa (1000°C).

Dehnung: >2% (Raumtemperatur), >5% (1000°C).

Härte: > HV 300.

Oberflächenqualität: keine Risse, Porosität (>0,1 mm), Rauheit Ra <0,3 µm.

Maßtoleranzen: Dicke ± 0,01 mm, Breite ± 0,05 mm, geeignet für Tiegelwandstärken 1-10 mm.

Herstellungsverfahren: Heißpressintern (2000-2500°C), Vakuum oder Wasserstoffatmosphäre (Sauerstoffgehalt <5 ppm).

Prüfmethode:

Chemische Analyse: ICP-OES (Genauigkeit ± 0,1 ppm) zum Nachweis von Verunreinigungen, LECO-Analysator zum Nachweis von O, N (Genauigkeit ± 0,01 ppm).

Mechanische Prüfung: Zugversuch (ASTM E8, Fehler ±1%), Härtetest (ASTM E18, Fehler ±5 HV).

Oberflächenprüfung: Ultraschall-Fehlererkennung (Auflösung < 0,1 mm), Rauheitsmessgerät (Genauigkeit ± 0,01 µm).

Maßprüfung: Laservermessung (Genauigkeit ± 0,005 mm) gemäß ANSI B46.1.

Compliance-Anforderungen

Inspektion: Für jede Charge wird ein Materialzertifikat (CoA) bereitgestellt, einschließlich

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

chemischer Zusammensetzung und Leistungsdaten.

Zertifizierung: Entspricht AS9100 (Aerospace Quality System) mit einer Erfolgsquote von > 99,5 %.

Anwendung: Wird als Rohstoff für Düsen und Halbleitertiegel in der Luft- und Raumfahrt verwendet.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Die Norm regelt die Leistung von Rohstoffen im Detail, um die Konsistenz der Tiegelherstellung zu gewährleisten; Das Prüfverfahren ist ausgereift und kann weltweit eingesetzt werden.

Herausforderung: Hohe Reinheitsanforderungen erhöhen die Raffinationskosten; Ultradünne Folien (<0,1 mm) sind schwer zu prüfen.

10.3.2 ASTM E696-07 (2018): Standardspezifikation für Wolframprodukte

Überblick über die Norm

ASTM E696-07 (2018) befasst sich mit den Leistungs-, Herstellungs- und Abnahmeanforderungen für Wolframprodukte, einschließlich Tiegel, und eignet sich für die Hochtemperaturindustrie und die wissenschaftliche Forschung.

Technische Voraussetzungen

Material: Wolframreinheit > 99,99%, Verunreinigungen (Si, Mo, Fe) < 50 ppm, Gaselemente < 10 ppm.

Leistung:

Temperaturbeständigkeit: > 3000 ° C, Temperaturwechselzyklus > 500-fach, Verformungsrate < 0,1%.

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen geschmolzene Metalle (Silizium, Gallium), Korrosionsrate < 0,01 mm/Jahr.

Wärmeleitfähigkeit: >100 W/m·K (1000°C).

Herstellung: Pulvermetallurgie oder Plasmaspritzen, Sintertemperatur > 2200°C, Atmosphärenreinheit > 99,999%.

Abmessungen: Durchmesser 20-500 mm, Wanddickentoleranz ± 0,02 mm, Bodenebenheit < 0,05 mm.

Prüfmethode:

Leistungstest: Hochtemperaturofen (3000 °C, Temperaturregelung ±2 °C) simulierter Einsatz, Temperaturschocktest (ASTM E1461).

Korrosionstest: Eintauchen in geschmolzenes Silizium (1600°C, 48 Stunden), Messung des Massenverlustes (Genauigkeit±0,001 g).

Maßprüfung: KMG (Genauigkeit ±0,005 mm), Oberflächenanalyse (REM, Genauigkeit ± 0,001 µm).

Chemische Analyse: GD-MS (Genauigkeit±0,05 ppm) zum Nachweis von Verunreinigungen.

Compliance-Anforderungen

Berichterstattung: Für jede Charge werden Berichte über Leistung, Größe und chemische Analysen

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

bereitgestellt, und das Archiv > 5 Jahre.

Zertifizierung: Erfüllt MIL-STD-810 (Military Environmental Testing) mit einer Erfolgsquote von > 99,8 %.

Anwendung: wird in der Kernfusion und der Herstellung von photovoltaischen Siliziumwafern verwendet.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Der Standard deckt die Hochtemperaturleistung ab und ist für Anwendungen in extremen Umgebungen geeignet; Die Testmethode ist genau und die Daten sind glaubwürdig.

Herausforderung: Die Kosten für Hochtemperaturprüfungen sind hoch, etwa 0,5 bis 10.000 Yuan für ein einzelnes Mal, und die strengen Toleranzanforderungen erhöhen die Schwierigkeit der Herstellung.

10.3.3 ASTM E1447-09(2016): Verfahren zur chemischen Analyse von Wolframmaterialien

Überblick über die Norm

ASTM E1447-09 (2016) spezifiziert ein chemisches Analyseverfahren für Wolframmaterialien zum Nachweis der Reinheit und des Verunreinigungsgehalts von Wolframtiegeln, um sicherzustellen, dass hochreine Anwendungen erfüllt sind.

Technische Voraussetzungen

Nachweiselemente: Fe, Ni, Si, Mo, C, O, N usw., Nachweisgrenze <0,1 ppm.

Reinheit: Wolfram >99,99 %, Gesamtverunreinigungen <50 ppm, Gaselemente <10 ppm.

Probenvorbereitung: Tiegelabschnitte (0,5-1 g), Oberflächenreinigung (Rest < 0,01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

Genauigkeit: relativer Fehler <1%, Wiederholgenauigkeit > 99,5%.

Prüfmethode:

ICP-MS: Detektion von Metallverunreinigungen (Fe, Ni, Si), Genauigkeit $\pm 0,1$ ppm, Nachweisgrenze 0,01 ppm.

LECO-Analyse: Der C-, O- und N-Gehalt wurde gemessen, die Genauigkeit lag bei $\pm 0,01$ ppm und die Nachweisgrenze bei 0,005 ppm.

GD-MS: Hochreine Wolframanalytik mit einer Nachweisgrenze von < 0,05 ppm für > 20 Elemente.

Probenbehandlung: saure Solubilisierung (HNO_3+HCl , Konzentration 5 mol/L), Ultraschallreinigung (40 kHz).

Compliance-Anforderungen

Labor: Akkreditierung nach ISO 17025 erforderlich, Kalibrierungsintervall < Geräte 6 Monate.

Bericht: Analyseergebnisse, Methoden, Fehler, archiviert > seit 5 Jahren, > Rückverfolgbarkeitsgrad 99,9%.

Anwendung: Wird für die Überprüfung von hochreinen Halbleiter- und Photovoltaik-Wolframtiegeln verwendet.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Die hochpräzise Analyse stellt sicher, dass die Reinheit des Tiegels > 99,999 % beträgt,

[Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

was den Anforderungen von Halbleitern entspricht. Methodische Standardisierung, weltweite Anerkennung.

Herausforderung: Die Kosten für GD-MS-Geräte sind hoch, und die > eines einzelnen Geräts beträgt 10 Millionen Yuan; Die Probenvorbereitung erfordert eine ultrareine Umgebung, was die Kosten erhöht.

10.4 Sonstige internationale Normen

Andere internationale Normen (z. B. Japan JIS, Deutschland DIN, Europäische EN) enthalten ergänzende Spezifikationen für die Herstellung, Inspektion und Analyse von Wolframtiegeln für bestimmte Märkte und Anwendungen.

10.4.1 JIS H 4701:2015: Wolfram und Wolframlegierungsprodukte

Überblick über die Norm

JIS H 4701:2015 legt die chemische Zusammensetzung, die Eigenschaften und die Herstellungsanforderungen von Wolfram und Wolframlegierungsprodukten, einschließlich Tiegeln, für die Hochtemperaturindustrie auf dem japanischen Markt fest.

Technische Voraussetzungen

Chemische Zusammensetzung: Wolframreinheit > 99,95%, Verunreinigungen (Fe, Ni, C) < 100 ppm, O < 20 ppm.

Leistung:

Zugfestigkeit: > 600 MPa (Raumtemperatur), > 200 MPa (1000° C).

Härte: > HV 350, Temperaturschock > 500 Zyklen.

Oberflächenrauheit: Ra < 0,2 μm, keine Risse (> 0,1 mm).

Herstellung: Heißisostatisches Pressen (HIP, Druck > 150 MPa), Sintertemperatur 2000-2500° C.

Abmessungen: Durchmesser 20-300 mm, Toleranz ± 0,05 mm, Wandstärke 1-8 mm.

Prüfmethode:

Chemische Analyse: ICP-OES (Genauigkeit ± 0,1 ppm), Gasanalyse (Genauigkeit ± 0,01 ppm).

Mechanische Prüfungen: Zugversuch (JIS Z 2241, Fehler ± 1%), Härteprüfung (JIS Z 2245).

Oberflächenprüfung: optische Mikroskopie (Auflösung < 1 μm), Ultraschall-Fehlererkennung (Auflösung < 0,1 mm).

Maßprüfung: Laservermessung (Genauigkeit ± 0,01 mm) nach JIS B 0405.

Compliance-Anforderungen

Berichterstattung: Für jede Charge wird ein Materialzertifikat gemäß JIS Z 9001 erstellt.

Zertifizierung: Eine Überprüfung durch die JQA (Japan Quality Assurance Association) ist erforderlich, und die Erfolgsquote liegt bei > 99,5 %.

Anwendung: wird in der Herstellung von Verbindungshalbleitern (GaAs, GaN) und Präzisionsinstrumenten verwendet.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Der Standard ist für den asiatischen Markt geeignet und die Nachweismethode ist einfach und effizient. Unterstützt die Herstellung von kleinen Tiegeln (<50 mm).

Herausforderungen: Hohe Zertifizierungskosten auf dem japanischen Markt und hohe Eintrittsbarrieren für kleine und mittlere Unternehmen; Der Standard-Update-Zyklus ist lang (5-10 Jahre).

10.4.2 DIN EN 10204:2004: Prüfdokumente für Metallerzeugnisse

Überblick über die Norm

DIN EN 10204:2004 legt Art und Inhalt von Prüfdokumenten für Metallprodukte, einschließlich Wolframtiegel, fest und stellt so die Qualität, Rückverfolgbarkeit und Eignung für den europäischen Markt sicher.

Technische Voraussetzungen

Dateityp:

2.1: Konformitätserklärung, die bestätigt, dass das Produkt den Anforderungen der Bestellung entspricht.

2.2: Prüfbericht mit Angaben zur chemischen Zusammensetzung und zur Leistung.

3.1: Prüfbescheinigung, ausgestellt vom autorisierten Personal des Herstellers, mit detaillierten Prüfergebnissen.

3.2: Prüfbescheinigung (z.B. TÜV) zum Nachweis der Unabhängigkeit.

Inhalt: App: Chemische Zusammensetzung (> 99,99%), Abmessungen ($\pm 0,02$ mm), Leistung (Thermoschock > 500 Zyklen).

Aufzeichnungen: Inspektionsdaten, Chargennummer, Prüfdatum, archiviert > 5 Jahren.

Wie man es macht

Datenerfassung: elektronische Datei, PDF- oder XML-Format, Rückverfolgbarkeitsrate > 99,9 %.

Verifizierung: Audit durch Hersteller oder Dritte (z. B. SGS), Erfolgsquote > 99,5 %.

Sprache: Englisch oder Deutsch, Schriftart > 12 pt, lesbar.

Verteilung: Die Ware wird in Papierform oder in elektronischer Form zur Verfügung gestellt, und die Lieferzeit < 7 Tage.

Compliance-Anforderungen

Zertifizierung: Entspricht der Norm EN ISO/IEC 17050 und das Dokument ist > 3 Jahre gültig.

Anwendung: Wird in der Luft- und Raumfahrt verwendet, Halbleiter-Wolfram-Tiegel wird nach Europa exportiert.

Audit: Jährliche Dokumentenprüfung, Fehlerquote < 0,1%, Berichtigungsquote > 99%.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Standarddokumentation erhöht das Vertrauen der Kunden und vereinfacht den Marktzugang in der EU; Die Digitalisierung senkt die Managementkosten.

Herausforderung: Das Zertifikat vom Typ 3.2 muss von einem Dritten überprüft werden, und die

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Kosten betragen etwa 0,5-10.000 Yuan/Charge; Mehrsprachigkeit erfordert erhöhte Übersetzungskosten.

10.4.3 EN 10276-1:2000: Chemische Analyse von Hochtemperaturwerkstoffen

Überblick über die Norm

Die EN 10276-1:2000 legt Verfahren für die chemische Analyse von Hochtemperaturmaterialien, wie z. B. Wolfram, fest, um sicherzustellen, dass der Reinheits- und Verunreinigungsgehalt den Anforderungen für Hochtemperaturanwendungen entspricht.

Technische Voraussetzungen

Nachweiselemente: Fe, Ni, Si, Mo, C, O, N, Nachweisgrenze <0,1 ppm.

Reinheit: Wolfram >99,99 %, Gesamtverunreinigungen <50 ppm, Gaselemente <10 ppm.

Probe: Tiegelquerschnitte (0,5-2 g) mit Rest < 0,01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Genauigkeit: relativer Fehler <1%, Wiederholgenauigkeit > 99,5%.

Prüfmethode:

ICP-MS: Detektion von Metallverunreinigungen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ ppm und einer Nachweisgrenze von 0,01 ppm.

TGA-MS: Messung des O- und N-Gehalts, Genauigkeit $\pm 0,01$ ppm, Nachweisgrenze 0,005 ppm.

RFA: Schnellanalyse ($\pm 0,5$ ppm) für das erste Screening.

Probenbehandlung: säurelöslich (HNO_3 , 5 mol/L), Ultraschallreinigung (40 kHz).

Compliance-Anforderungen

Labor: Akkreditierung nach EN ISO/IEC 17025 erforderlich, Kalibrierungsintervall < Geräte 6 Monate.

Bericht: Analyseergebnisse, Methoden, Fehler, 5 Jahre archiviert, > Rückverfolgbarkeitsrate > 99,9%.

Anwendung: Wird für Kernreaktoren und die Überprüfung von Wolframtiegeln in der Luft- und Raumfahrt verwendet.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Hochpräzise Analyse für hochreine Anwendungen (> 99,999%); Die Methode ist ASTM-kompatibel und kann weltweit eingesetzt werden.

Herausforderung: TGA-MS-Geräte sind teuer, mit einem einzigen > von 5 Millionen Yuan; Die Probenvorbereitung erfordert einen Reinraum, was kostspielig ist.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696

标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com



CTIA GROUP LTD Wolfram-Tiegel

Anhang

A. Glossar

Wolframtiegel : ein Behälter aus hochreinem Wolfram als Hauptmaterial für das Hochtemperatureschmelzen oder die Materialhandhabung.

Pulvermetallurgie: die Technologie zur Herstellung von Metallprodukten durch Pulverpressen, Sintern und andere Prozesse.

Isostatisches Pressen: Der Prozess, bei dem gleichmäßiger Druck auf ein flüssiges oder gasförmiges Medium ausgeübt wird, um ein Pulver zu bilden.

Czochralski-Methode : ein Verfahren zur Züchtung von Einkristallen, das üblicherweise bei der Herstellung von Halbleitermaterialien verwendet wird.

Temperaturwechselbeständigkeit : Die Fähigkeit eines Materials, Rissbildung bei schnellen Temperaturänderungen zu widerstehen.

Sintern: Der Prozess, bei dem ein pulverförmiges Material unter seinen Schmelzpunkt erhitzt wird, um einen Feststoff zu bilden.

Zerstörungsfreie Prüfung: Ultraschall, Röntgen und andere Methoden zur Erkennung innerer Defekte von Materialien, ohne die Probe zu beschädigen.

Heißisostatisches Pressen (HIP): Eine Nachbearbeitungstechnologie zur Verbesserung der Dichte von Materialien bei hohen Temperaturen und Drücken.

Korngröße : Die durchschnittliche Größe der Kristalle in der Mikrostruktur eines Materials, die die mechanischen Eigenschaften beeinflusst.

Hochtemperaturkriechen: Die langsame Verformung eines Materials unter langfristiger Belastung bei hohen Temperaturen.

Wärmeausdehnungskoeffizient: Die Geschwindigkeit der Änderung des Volumens oder der Länge eines Materials unter einer Temperaturänderung.

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V

www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com

Oberflächenrauheit: Ein Maß für die mikrogeometrischen Eigenschaften einer Oberfläche, die normalerweise in Ra oder Rz ausgedrückt werden.

B. Verweise

- [1] Nationales Standarddokument der Volksrepublik China
- [2] Nationale Standardplattform für öffentliche Dienste (www.sac.gov.cn).
- [3] ASTM Datenbank für internationale Normen.
- [4] ISO-Normenkatalog
- [5] Chinatungsten Online, Überprüfung der Wolframtiegel-Sintertechnologie, 2023
- [6] Offizieller WeChat-Account von Chinatungsten Online, Anwendung des Wasserstoffsinterns bei der Herstellung von Wolframtiegeln, 2024
- [7] Chinatungsten Online, Analyse der Leistungsverbesserung zur Optimierung der Sintertemperatur, 2023
- [8] Technisches Handbuch der Pulvermetallurgie, Metallurgical Industry Press, 2020
- [9] Physikalische und chemische Eigenschaften von Wolfram, Chemical Industry Press, 2019
- [10] Chinatungsten Online, Anwendung der Gradientensintertechnologie im Wolframtiegel, 2023
- [11] Chinatungsten Online, Fortschritte in der Technologie zur Größenkontrolle von Wolframtiegeln, 2022

C. Liste der häufig verwendeten Werkzeuge und Ausrüstungen

Hochtemperatur-Sinterofen (Vakuum, Atmosphärenschtz)

Isostatische Presse (kalt- und heißisostatisches Pressen)

CNC-Bearbeitungszentren (Drehen, Fräsen, Schleifen)

Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA)

Ultraschall-Detektor

Prüfgeräte für die Hochtemperaturleistung

Hinweis zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Copyright© 2024 CTIA Alle Rechte vorbehalten 电话/TEL:0086 592 512 9696
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
www.ctia.com.cn

sales@chinatungsten.com