

Vollständige Anleitung zum Molybdän-Tiegel

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Global Leader in Intelligent Manufacturing for Tungsten, Molybdenum, and Rare Earth Industries

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

INTRODUCTION TO CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, a wholly-owned subsidiary with independent legal personality established by CHINATUNGSTEN ONLINE, is dedicated to promoting the intelligent, integrated, and flexible design and manufacturing of tungsten and molybdenum materials in the Industrial Internet era. CHINATUNGSTEN ONLINE, founded in 1997 with www.chinatungsten.com as its starting point—China's first top-tier tungsten products website—is the country's pioneering e-commerce company focusing on the tungsten, molybdenum, and rare earth industries. Leveraging nearly three decades of deep experience in the tungsten and molybdenum fields, CTIA GROUP inherits its parent company's exceptional design and manufacturing capabilities, superior services, and global business reputation, becoming a comprehensive application solution provider in the fields of tungsten chemicals, tungsten metals, cemented carbides, high-density alloys, molybdenum, and molybdenum alloys.

Over the past 30 years, CHINATUNGSTEN ONLINE has established more than 200 multilingual tungsten and molybdenum professional websites covering more than 20 languages, with over one million pages of news, prices, and market analysis related to tungsten, molybdenum, and rare earths. Since 2013, its WeChat official account "CHINATUNGSTEN ONLINE" has published over 40,000 pieces of information, serving nearly 100,000 followers and providing free information daily to hundreds of thousands of industry professionals worldwide. With cumulative visits to its website cluster and official account reaching billions of times, it has become a recognized global and authoritative information hub for the tungsten, molybdenum, and rare earth industries, providing 24/7 multilingual news, product performance, market prices, and market trend services.

Building on the technology and experience of CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP focuses on meeting the personalized needs of customers. Utilizing AI technology, it collaboratively designs and produces tungsten and molybdenum products with specific chemical compositions and physical properties (such as particle size, density, hardness, strength, dimensions, and tolerances) with customers. It offers full-process integrated services ranging from mold opening, trial production, to finishing, packaging, and logistics. Over the past 30 years, CHINATUNGSTEN ONLINE has provided R&D, design, and production services for over 500,000 types of tungsten and molybdenum products to more than 130,000 customers worldwide, laying the foundation for customized, flexible, and intelligent manufacturing. Relying on this foundation, CTIA GROUP further deepens the intelligent manufacturing and integrated innovation of tungsten and molybdenum materials in the Industrial Internet era.

Dr. Hanns and his team at CTIA GROUP, based on their more than 30 years of industry experience, have also written and publicly released knowledge, technology, tungsten price and market trend analysis related to tungsten, molybdenum, and rare earths, freely sharing it with the tungsten industry. Dr. Han, with over 30 years of experience since the 1990s in the e-commerce and international trade of tungsten and molybdenum products, as well as the design and manufacturing of cemented carbides and high-density alloys, is a renowned expert in tungsten and molybdenum products both domestically and internationally. Adhering to the principle of providing professional and high-quality information to the industry, CTIA GROUP's team continuously writes technical research papers, articles, and industry reports based on production practice and market customer needs, winning widespread praise in the industry. These achievements provide solid support for CTIA GROUP's technological innovation, product promotion, and industry exchanges, propelling it to become a leader in global tungsten and molybdenum product manufacturing and information services.



Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Inhalt

Kapitel 1 Einleitung

- 1.1 Definition und Bedeutung des Molybdän-Tiegels
- 1.2 Historische Entwicklung und technologische Entwicklung
- 1.3 Die Rolle des Molybdän-Tiegels in der modernen Industrie und wissenschaftlichen Forschung

Kapitel 2 Grundprinzipien des Molybdän-Tiegels

- 2.1 Physikalische und chemische Eigenschaften von Molybdänmetall
- 2.2 Arbeitsmechanismus in Hochtemperaturumgebungen
- 2.3 Vergleich mit anderen hochtemperaturbeständigen Materialien
- 2.4 Thermodynamische und mechanische Eigenschaften

Kapitel 3 Leistung des Molybdän-Tiegels

- 3.1 Physikalische und chemische Eigenschaften des Molybdäntiegels
 - 3.1.1 Schmelzpunkt und thermische Stabilität des Molybdäntiegels
 - 3.1.2 Dichte und Wärmeleitfähigkeit des Molybdäntiegels
 - 3.1.3 Antioxydations- und Korrosionsbeständigkeit des Molybdäntiegels
 - 3.1.4 Mechanische Festigkeit und Zähigkeit des Molybdäntiegels
- 3.2 Thermische und mechanische Eigenschaften des Molybdän-Tiegels
 - 3.2.1 Wärmeausdehnung und Hochtemperaturverformung des Molybdäntiegels
 - 3.2.2 Temperaturwechselbeständigkeit des Molybdäntiegels
 - 3.2.3 Kriechen und Langzeitstabilität des Molybdäntiegels
 - 3.2.4 Ermüdung des Molybdäntiegels und zyklische Verwendung
- 3.3 Beziehung zwischen der Mikrostruktur und der Leistung des Molybdäntiegels
 - 3.3.1 Kornstruktur und -orientierung
 - 3.3.2 Wirkung von Dotierungselementen
 - 3.3.3 Oberflächenmorphologie und Hochtemperaturverhalten
- 3.4 Lebensdauer und Zuverlässigkeit des Molybdän-Tiegels
 - 3.4.1 Faktoren, die die Lebensdauer beeinflussen
 - 3.4.2 Fehlermöglichkeitsanalyse
 - 3.4.3 Prüfverfahren für die Zuverlässigkeit
- 3.5 China Wolfram Intelligentes Molybdän-Tiegel-Sicherheitsdatenblatt

Kapitel 4 Verwendung des Molybdän-Tiegels

- 4.1 Kristallwachstum
 - 4.1.1 Saphirglas (Czochralski-Methode, Wärmeaustauschmethode)
 - 4.1.2 Silizium-Einkristall (Czochralski-Methode)
 - 4.1.3 Sonstige Kristallmaterialien
- 4.2 Hochtemperaturschmelzen und -schmelzen
 - 4.2.1 Seltene Erden
 - 4.2.2 Nichteisenmetalle und -legierungen

Copyright and Legal Liability Statement

- 4.2.3 Reinigung von Edelmetallen
- 4.3 Vakuum- und Hochtemperatur-Wärmebehandlung
 - 4.3.1 Vakuum-Wärmebehandlungsöfen
 - 4.3.2 Pulvermetallurgie und Sintern
 - 4.3.3 Hochtemperatur-Glügen
- 4.4 Wissenschaftliche Forschung und Laboranwendungen
 - 4.4.1 Hochtemperatur-Prüfgeräte
 - 4.4.2 Prüfung der Materialeistung
 - 4.4.3 Kernmaterial- und Plasmaforschung
- 4.5 Neue Anwendungen
 - 4.5.1 Additive Fertigung
 - 4.5.2 Luft- und Raumfahrt
 - 4.5.3 Kernfusionsanlage

Kapitel 5 Herstellungsverfahren und Technologie für Molybdäntiegel

- 5.1 Auswahl und Zubereitung von Rohstoffen
 - 5.1.1 Reinigung von Molybdänerz
 - 5.1.2 Qualitätsanforderungen an Molybdänpulver
 - 5.1.3 Dotieren und Legieren
 - 5.1.4 Prüfung von Rohstoffen
- 5.2 Metallurgischer Prozess
 - 5.2.1 Pressen und Sintern
 - 5.2.1.1 Isostatisches Pressen
 - 5.2.1.2 Sinteröfen und Atmosphäre
 - 5.2.2 Schmieden und Walzen
 - 5.2.2.1 Warm Schmieden und Kalt Schmieden
 - 5.2.2.2 Walzverfahren
 - 5.2.3 Drehen und Strecken
 - 5.2.3.1 Spinnwerkzeug
 - 5.2.3.2 Dehnungstemperatur und Schmierung
- 5.3 Verarbeitung und Veredelung
 - 5.3.1 Drehen und Fräsen
 - 5.3.1.1 CNC-Bearbeitung
 - 5.3.1.2 Präzision und Rauheit
 - 5.3.2 Schweißtechnik
 - 5.3.2.1 Elektronenstrahlschweißen
 - 5.3.2.2 Laserschweißen und -löten
 - 5.3.3 Oberflächenbehandlung
 - 5.3.3.1 Reinigen und Polieren
 - 5.3.3.2 Anti-Oxidations-Beschichtung
 - 5.3.4 Wärmebehandlung und Glügen
 - 5.3.4.1 Getreide-Kontrolle
 - 5.3.4.2 Stressabbau

Copyright and Legal Liability Statement

5.4 Produktionsanlagen und Automatisierung

5.4.1 Schlüsselausstattung

5.4.1.1 Vakuum-Sinterofen

5.4.1.2 Spinnmaschinen und Drehmaschinen

5.4.1.3 Geräte zur Oberflächenbehandlung

5.4.2 Automatisierung und Intelligenz

5.4.3 Anforderungen an den Reinraum

Kapitel 6 Qualitätskontrolle und Inspektion von Molybdäntiegeln

6.1 Online-Erkennung

6.1.1 Abmessungen und Genauigkeit

6.1.2 Oberflächenfehler

6.2 Leistungsprüfung

6.2.1 Hohe Temperaturbeständigkeit

6.2.2 Korrosionsbeständigkeit

6.3 Fehleranalyse

6.3.1 Risse und Verformungen

6.3.2 Ermüdung und Lebensdauer

Kapitel 7 Vorsichtsmaßnahmen für die Verwendung von Molybdän-Tiegeln

7.1 Installations- und Betriebsspezifikationen

7.2 Anforderungen an die Betriebsumgebung bei hohen Temperaturen

7.3 Verträglichkeit mit geschmolzenen Materialien

7.4 Wartungs- und Reinigungsmethoden

7.5 Sicherheits-, Betriebs- und Schutzmaßnahmen

8. Kapitel: Transport und Lagerung von Molybdän-Tiegeln

8.1 Anforderungen an die Verpackung

8.2 Stoß- und Feuchtigkeitsbeständigkeit

8.3 Lagerumgebung und -bedingungen

8.4 Bestandsverwaltung und Qualitätsverfolgung

Kapitel 9 Nachhaltigkeit und Recycling von Molybdäntiegeln

9.1 Energieeinsparung und Emissionsreduzierung

9.2 Abfallrecycling-Technologie

9.3 Wirtschaftliche und ökologische Vorteile des Recyclings

9.4 Trends und Praktiken in der grünen Fertigung

Kapitel 10 Technische Herausforderungen und zukünftige Entwicklungen im Molybdän-Tiegel

10.1 Technische Herausforderungen

10.1.1 Antioxidative Eigenschaften

10.1.2 Herstellung komplexer Formen

Copyright and Legal Liability Statement

- 10.1.3 Kostenkontrolle
- 10.2 Neue Werkstoffe und Technologien
 - 10.2.1 Molybdänbasierte Verbundwerkstoffe
 - 10.2.2 Nanostrukturen
 - 10.2.3 Alternative Werkstoffe
- 10.3 Intelligente und umweltfreundliche Fertigung
 - 10.3.1 Intelligent Monitoring
 - 10.3.2 Energieeinsparung und Umweltschutz
 - 10.3.3 Recycling von Abfällen
- 10.4 Zukünftige Trends
 - 10.4.1 Leistungsstarkes Design
 - 10.4.2 Domänenübergreifende Anwendungen
 - 10.4.3 Extreme Umgebungen

Kapitel 11 Normen und Spezifikationen für Molybdäntiegel

- 11.1 Nationale Normen (GB)
 - 11.1.1 GB/T Molybdän-Materialstandard
 - 11.1.2 Testen und Bewerten
 - 11.1.3 Technische Daten
- 11.2 Internationale Normen (ISO)
 - 11.2.1 ISO 6892 Zugversuch
 - 11.2.2 ISO 14001 Umweltmanagement
 - 11.2.3 ISO 3452 Zerstörungsfreie Prüfung
- 11.3 Amerikanischer Standard (Amerikanischer Standard)
 - 11.3.1 ASTM B386 Molybdänlegierung
 - 11.3.2 ASTM E384 Härteprüfung
 - 11.3.3 ASME Hochtemperatur-Behälter
- 11.4 Sonstige internationale und Industrienormen
 - 11.4.1 JIS G 0571
 - 11.4.2 DIN EN 10228
 - 11.4.3 GOST 17431
- 11.5 Implementierung und Zertifizierung von Standards
 - 11.5.1 Produktion und Test
 - 11.5.2 Qualitätszertifizierung
 - 11.5.3 Einhaltung der Vorschriften bei der Ausfuhr

Anhang

- A. Glossar
- B. Verweise

Copyright and Legal Liability Statement

Kapitel 1 Einleitung

1.1 Definition und Bedeutung des Molybdän-Tiegels

Der Molybdäntiegel ist ein hochtemperaturbeständiger Behälter aus hochreinem Molybdänmetall als Hauptrohstoff, der häufig in der Hochtemperaturschmelze, der Materialsynthese und der wissenschaftlichen Forschung verwendet wird. Seine Hauptmerkmale sind ein hoher Schmelzpunkt (ca. 2623°C), eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und eine hohe Temperaturbeständigkeit sowie eine gute Wärmeleitfähigkeit und ein niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient. Diese Eigenschaften ermöglichen es dem Molybdäntiegel, die strukturelle Stabilität und chemische Inertheit in extremen Umgebungen aufrechtzuerhalten, was ihn zu einem unverzichtbaren Werkzeug in vielen Industrien und wissenschaftlichen Forschungsprozessen macht.

Der Molybdän-Tiegel lässt sich unter zwei Gesichtspunkten erklären: seinem Material und seinem Zweck. Aus Sicht des Materials besteht der Molybdäntiegel in der Regel aus Molybdänmetall oder einer Molybdänlegierung mit einer Reinheit von mehr als 99,95 % und wird durch Verfahren wie Pulvermetallurgie, Schmieden, Zerspanen oder Schweißen gebildet. Aus der Perspektive des Zwecks wird Molybdäntiegel hauptsächlich für Prozesse wie Materialschmelzen, Verdampfen, Sintern und Kristallwachstum in Hochtemperaturumgebungen verwendet, wie z. B. das Schmelzen von Seltenerdmetallen, das Züchten von Saphirkristallen, die Vorbereitung von Halbleitermaterialien und die Synthese von Hochtemperaturlegierungen.

Wichtigkeit

Molybdän-Tiegel in der modernen Industrie und wissenschaftlichen Forschung spiegeln sich in folgenden Aspekten wider:

Hohe Temperaturstabilität: Der hohe Schmelzpunkt und die hervorragende Hochtemperaturfestigkeit von Molybdän ermöglichen es, bei Temperaturen von 1100 °C bis 1700 °C oder sogar höher stabil zu arbeiten und damit viele andere Metalltiegel (wie Aluminium-, Kupfer- oder Legierungstiegel mit niedrigem Schmelzpunkt) weit zu übertreffen. Dies macht Molybdäntiegel zum bevorzugten Behälter für die Hochtemperaturschmelze und Materialsynthese. Bei der Verhüttung von Seltenerdmetallen können Molybdäntiegel beispielsweise extrem hohen Temperaturen standhalten und ihre chemische Stabilität beibehalten, um eine Kontamination durch Verunreinigungen zu vermeiden.

Korrosionsbeständigkeit: Molybdäntiegel haben eine gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber einer Vielzahl von Säuren, Laugen und geschmolzenen Metallen, insbesondere bei Kontakt mit Seltenerdmetallen, Oxiden oder bestimmten korrosiven Chemikalien. Im Gegensatz dazu sind Wolframtiegel zwar mit einem höheren Schmelzpunkt, aber in bestimmten chemischen Umgebungen möglicherweise nicht so korrosionsbeständig wie Molybdäntiegel.

Aufbereitung von hochreinen Materialien: Die hohe Reinheit und die geringe Freisetzung von Verunreinigungen machen Molybdäntiegel besonders geeignet für die Herstellung von hochreinen Materialien. Beim Züchten von Saphirkristallen können Molybdäntiegel beispielsweise eine

Copyright and Legal Liability Statement

schadstofffreie Hochtemperaturumgebung bieten, um die Qualität und die optischen Eigenschaften des Kristalls zu gewährleisten. In ähnlicher Weise werden Molybdäntiegel in der Halbleiterindustrie zur Herstellung von hochreinem Silizium und anderen Verbindungsmaterialien verwendet.

Prozessflexibilität: Je nach Anwendungsanforderung können Molybdäntiegel durch eine Vielzahl von Verarbeitungsverfahren hergestellt werden, darunter Bearbeitung, Schweißen, Nieten und Stanzen. Diese Verarbeitungsmethoden verleihen Molybdäntiegeln eine Vielzahl von Größen, Formen und Leistungen, die unterschiedliche Anforderungen erfüllen, von kleinen Laborexperimenten bis hin zur industriellen Großproduktion.

Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer: Obwohl die Herstellungskosten des Molybdän-Tiegels relativ hoch sind, ist er aufgrund seiner langen Lebensdauer und Zuverlässigkeit in Umgebungen mit hohen Temperaturen sehr kostengünstig. Im Vergleich zu anderen Tiegelmaterialien (z. B. Tantal-Tiegeln) hat der Molybdän-Tiegel eine längere Lebensdauer in der Seltenerdschmelze und in anderen Bereichen, wodurch die Austauschhäufigkeit und die Wartungskosten im Produktionsprozess reduziert werden.

Treibende Kraft der wissenschaftlichen Forschung: Im Bereich der wissenschaftlichen Forschung werden Molybdäntiegel häufig in materialwissenschaftlichen, physikalischen und chemischen Experimenten eingesetzt. So bieten Molybdäntiegel beispielsweise bei der Entwicklung von Hochtemperatur-Supraleitermaterialien, Nanomaterialien und neuen Legierungen eine stabile Experimentierplattform und fördern die Entwicklung zukunftsweisender Technologien.

1.2 Historische Entwicklung und technologische Entwicklung

Molybdän wurde relativ spät entdeckt und angewendet, aber seine Entwicklung in der Tiegelherstellung hat die moderne Industrie und wissenschaftliche Forschung tiefgreifend beeinflusst. Im Folgenden wird die historische Entwicklung von der Entdeckung von Molybdän über die frühe Anwendung von Molybdäntiegeln bis hin zur Entwicklung der modernen Technologie ausführlich diskutiert.

Entdeckung und frühe Anwendungen von Molybdän

Molybdän wurde erstmals 1778 von dem schwedischen Chemiker Carl Wilhelm Scheele entdeckt, der Molybdänsäure von Molybdänit trennte und als neues Element bestätigte. Im Jahr 1792 gelang es einem anderen schwedischen Chemiker, metallisches Molybdän zu gewinnen, indem er Molybdänsäure reduzierte. Aufgrund seines hohen Schmelzpunktes und der schwierigen Verarbeitung beschränkte sich der frühe Einsatz von Molybdän hauptsächlich auf die Herstellung von chemischen Reagenzien und Pigmenten.

Ende des 19. Jahrhunderts, mit dem Fortschritt der Hüttentechnologie, wurde Molybdän als Legierungselement in der Stahlindustrie verwendet. Zum Beispiel verbesserte die Legierung aus Molybdän und Stahl die Hochtemperaturfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Stahl erheblich und wurde häufig in der Waffenherstellung und Maschinenindustrie eingesetzt. Die Entwicklung

Copyright and Legal Liability Statement

von Molybdän-Tiegeln war jedoch noch durch Materialreinheit und Verarbeitungstechnologie begrenzt. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde mit dem Aufkommen der Pulvermetallurgie der Grundstein für die Herstellung von Molybdäntiegeln gelegt.

Molybdän-Tiegel

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts tauchten Molybdäntiegel in Laboratorien und kleinen industriellen Anwendungen auf. Frühe Molybdäntiegel wurden hauptsächlich pulvermetallurgisch hergestellt, d.h. Molybdänpulver wurde in Form gepresst und dann bei hoher Temperatur gesintert. Obwohl mit diesem Verfahren hochreine Molybdäntiegel hergestellt werden können, sind die Dichte und die mechanische Festigkeit der Tiegel gering, was ihre Anwendung in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hohem Druck einschränkt.

Während des Zweiten Weltkriegs stieg die Nachfrage nach Molybdän-Tiegeln aufgrund der rasanten Entwicklung der Militär- und Luftfahrtindustrie sprunghaft an. So wurden Molybdän-Tiegel zum Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen und Spezialwerkstoffen eingesetzt und unterstützten die Herstellung von Flugzeugtriebwerken und Panzermaterialien. In dieser Zeit wurde die Verarbeitungstechnologie von Molybdäntiegeln erheblich verbessert, und es wurden Bearbeitungs- und Schmiedeverfahren auf die Herstellung von Tiegeln angewendet, wodurch die Dichte und Haltbarkeit des Produkts verbessert wurde.

Moderne technologische Evolution

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, mit dem Aufkommen der Seltenerdmetall-, Halbleiter- und Saphirkristallindustrie, erweiterten sich die Anwendungsbereiche von Molybdäntiegeln rasant und auch die Fertigungstechnik machte revolutionäre Fortschritte. Im Folgenden sind einige Schlüsselaspekte der Entwicklung der Molybdän-Tiegeltechnologie aufgeführt:

Hochreines Molybdänmaterial: Moderne Molybdäntiegel verwenden in der Regel Molybdänmetall mit einer Reinheit von mehr als 99,95 %, und Verunreinigungen werden durch fortschrittliche Reinigungstechnologien wie Elektronenstrahlschmelzen und Zonenschmelzen entfernt. Dies verbessert die chemische Stabilität und das Hochtemperaturverhalten des Tiegels erheblich und erfüllt die Anforderungen an die Herstellung hochreiner Materialien.

Diversifizierte Verarbeitungstechnologie: Entsprechend den Anwendungsanforderungen hat sich der Herstellungsprozess des Molybdäntiegels in verschiedene Typen entwickelt, darunter:

Bearbeitete Tiegel: Verarbeitet von Molybdänstäben oder Molybdänplatten durch Drehen, Fräsen und andere Prozesse, geeignet für Tiegel mit hoher Präzision und komplexen Formen.

Schweißtiegel: Er wird durch Schneiden und Kräuseln von Molybdänplatten und anschließendes Vakuumschweißen hergestellt. Es hat niedrige Kosten, aber die Schweißqualität muss streng kontrolliert werden.

Copyright and Legal Liability Statement

Genieteter Tiegel: Hergestellt durch mechanisches Verbinden von Molybdänplatten, geeignet für die Herstellung von großen Tiegeln.

Gestanzter Tiegel: Es wird durch Stanzen von Molybdänplatten durch eine Form geformt, die für die Massenproduktion kleiner Tiegel geeignet sind.

Dotieren und Legieren: Um die Hochtemperaturfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Molybdäntiegeln zu verbessern, wird Molybdän in modernen Herstellungsverfahren häufig um Spurenelemente (wie z.B. Ceroxid, Titanhydrid oder Seltenerdelemente) ergänzt. So kann beispielsweise durch die Zugabe von Ceroxid die Lebensdauer von Molybdäntiegeln in der Seltenerdschmelze deutlich verlängert werden.

Fortschrittliche Sintertechnologie: Der Sinterprozess moderner Molybdäntiegel wird in der Regel in einer Vakuum- oder Wasserstoffschutzatmosphäre durchgeführt, um eine Oxidation zu verhindern und die Dichte des Tiegels zu erhöhen. Durch den Einsatz der isostatischen Presstechnologie werden die Gleichmäßigkeit und die mechanischen Eigenschaften des Tiegels weiter verbessert.

Kundenspezifisches Design: Mit der Diversifizierung der industriellen und wissenschaftlichen Forschungsanforderungen können Größe, Form und Leistung von Molybdäntiegeln an die Kundenbedürfnisse angepasst werden. So werden beispielsweise für die Züchtung von Saphirkristallen große, dickwandige Molybdäntiegel benötigt, während in der Halbleiterindustrie kleine, hochpräzise Tiegel benötigt werden.

Umweltschutz und Nachhaltigkeit: Bei der Herstellung von Molybdäntiegeln stehen Umweltschutz und Ressourcenrecycling in den Fokus der letzten Jahre. So können beispielsweise Molybdän-Tiegelabfälle durch chemische Behandlung und erneutes Schmelzen recycelt werden, um Molybdänmetall zurückzugewinnen, wodurch die Produktionskosten und die Umweltbelastung gesenkt werden.

CTIA GROUP LTD spielt eine wichtige Rolle in der Forschung und Entwicklung sowie in der Produktion von Molybdäntiegeln. Die Website bietet eine Fülle von technischen Informationen und Markttrends zu Molybdän-Tiegeln. So werden beispielsweise die vom Unternehmen entwickelten hochreinen Molybdän-Tiegel häufig in der Seltenerdschmelze und in der Saphirkristallzüchtung eingesetzt. Seine Produkte sind bekannt für ihre hohe Dichte ($\geq 9,8 \text{ g/cm}^3$) und langen Lebensdauer.

1.3 Die Rolle des Molybdän-Tiegels in der modernen Industrie und wissenschaftlichen Forschung

In der modernen Industrie und wissenschaftlichen Forschung spielt der Molybdän-Tiegel mit seiner hervorragenden Leistung und seinem breiten Spektrum an Anwendungsszenarien eine entscheidende Rolle. Im Folgenden wird seine Rolle unter drei Aspekten ausführlich erörtert: industrielle Anwendung, wissenschaftlicher Forschungsbeitrag und zukünftige Trends.

Copyright and Legal Liability Statement

Industrielle Anwendungen

Verhüttung von Seltenerdmetallen: Der Molybdäntiegel ist der Hauptbehälter für die Verhüttung von Seltenerdmetallen und deren Oxiden. Seltenerdmetalle (wie Neodym, Dysprosium und Terbium) sind bei hohen Temperaturen stark korrosiv, und Molybdäntiegel können der Erosion dieser korrosiven Substanzen wirksam widerstehen und so die Reinheit und Effizienz des Schmelzprozesses gewährleisten. Bei der Herstellung von NdFeB-Magneten werden Molybdäntiegel beispielsweise zum Schmelzen von hochreinem Neodym-Metall verwendet.

Wachstum von Saphirkristallen: Saphirgläser werden häufig in LED-Substraten, optischen Fenstern und Uhrenspiegeln verwendet. Ihr Wachstum muss bei hohen Temperaturen (ca. 2050°C) erfolgen. Molybdäntiegel sind aufgrund ihrer hohen Temperaturstabilität und ihrer geringen Verunreinigungsfreisetzungseigenschaften ideale Behälter für die Kristallzüchtung nach der Czochralski-Methode und der Wärmetauschermethode.

Halbleiterindustrie: Bei der Herstellung von Halbleitermaterialien (wie Silizium und Galliumarsenid) werden Molybdäntiegel in Hochtemperatur-Verdampfungs- und Abscheidungsprozessen eingesetzt. Seine hohe Reinheit und Korrosionsbeständigkeit sichern die Qualität von Halbleitermaterialien und erfüllen die hohen Anforderungen der Chipherstellung an die Materialreinheit.

Hochtemperaturlegierungen und Sonderwerkstoffe: Molybdäntiegel werden zum Sintern und Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen (wie z.B. Nickelbasislegierungen, Titanlegierungen) und Spezialkeramiken eingesetzt. Diese Materialien werden häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Energiesektor und in der Medizin eingesetzt. Bei der Herstellung von Turbinenschaufeln für Flugzeugtriebwerke werden Molybdäntiegel beispielsweise zum Schmelzen von Hochtemperaturlegierungsrohstoffen verwendet.

Photovoltaik und neue Energie: Molybdän-Tiegel werden in der Photovoltaikindustrie zur Herstellung von Polysilizium und monokristallinem Silizium eingesetzt. Ihre hohe Temperaturbeständigkeit unterstützt das Schmelzen und Aufreinigen von Siliziumbarren. Darüber hinaus werden Molybdän-Tiegel auch in der Forschung und Entwicklung von Festkörperbatterien und Brennstoffzellenmaterialien eingesetzt.

Wissenschaftlicher Forschungsbeitrag

Materialwissenschaft: Molybdän-Tiegel bieten eine zuverlässige experimentelle Plattform für die Synthese neuer Materialien. Bei der Herstellung von supraleitenden Hochtemperaturmaterialien (wie Yttrium-Barium-Kupferoxid) können Molybdäntiegel beispielsweise eine stabile Hochtemperaturumgebung bieten, um komplexe chemische Reaktionen zu unterstützen.

Physikalische und chemische Experimente: In Hochtemperatur- und Hochdruckexperimenten werden Molybdäntiegel verwendet, um Phasenübergänge, thermodynamische Eigenschaften und chemische Reaktionskinetik von Materialien zu untersuchen. Molybdäntiegel werden beispielsweise verwendet, um das Sinterverhalten von Metall-Keramik-Kompositen zu untersuchen.

Copyright and Legal Liability Statement

Nanotechnologie: Molybdän-Tiegel spielen eine Rolle bei der Herstellung von Nanomaterialien (wie Kohlenstoffnanoröhren und Graphen). Ihre hohe Temperaturstabilität und chemische Inertheit unterstützen Prozesse wie Gasphasenabscheidung und Pyrolyse.

Energieforschung: Im Bereich der Kernenergie und der erneuerbaren Energien werden Molybdäntiegel eingesetzt, um die Leistungsfähigkeit von Hochtemperatur-Brennstoffzellen- und Kernreaktormaterialien zu untersuchen. Molybdäntiegel werden beispielsweise verwendet, um die Verträglichkeit von Materialien in Hochtemperatur-Flüssigsalzreaktoren zu testen.

Trends der Zukunft

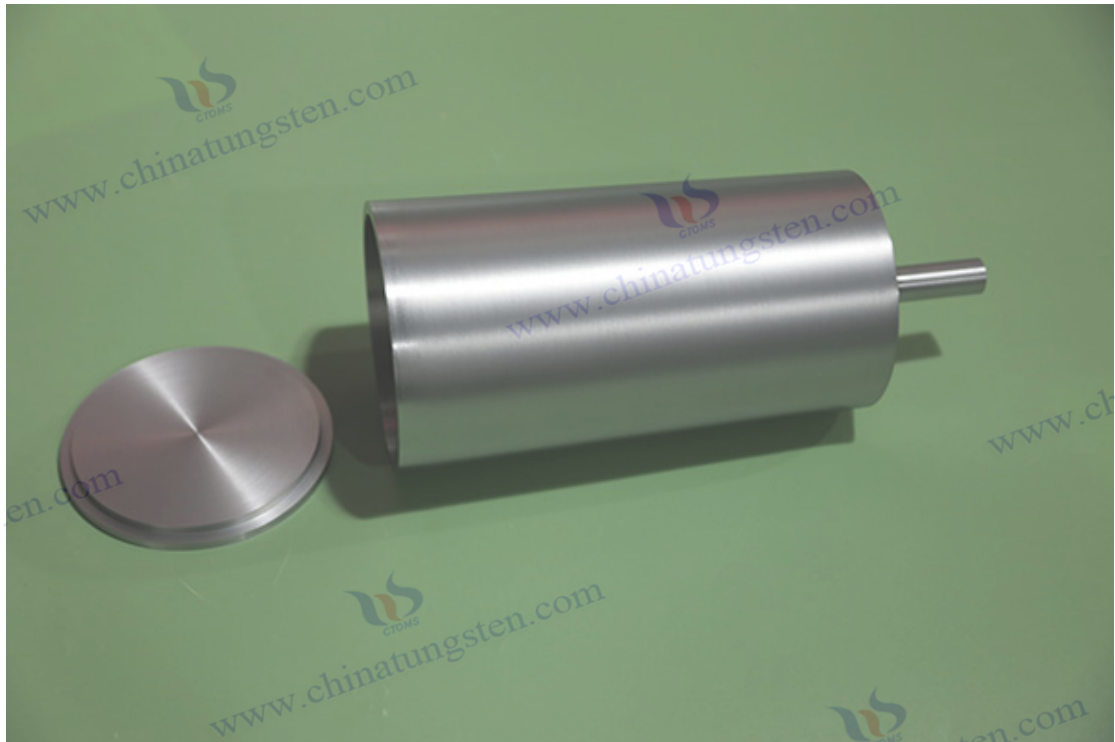
Intelligente Fertigung: Mit dem Fortschritt von Industrie 4.0 wird die Herstellung von Molybdäntiegeln intelligenter. So können beispielsweise Sensoren und Datenanalysen eingesetzt werden, um den Sinterprozess zu optimieren und die Dichte und Konsistenz des Tiegels zu verbessern.

Umweltfreundliche Produktion: Die Verschärfung der Umweltvorschriften hat die Ökologisierung der Herstellung von Molybdäntiegeln gefördert. In Zukunft wird bei der Herstellung von Molybdäntiegeln verstärkt auf Energieeffizienz und Abfallrecycling geachtet, um den ökologischen Fußabdruck zu verringern.

Neue Materialentwicklung: Molybdän-Tiegel werden eine größere Rolle bei der Vorbereitung aufstrebender Felder wie Graphen, zweidimensionale Materialien und Quantenmaterialien spielen. Beispielsweise können Molybdäntiegel für die Hochtemperatursynthese von zweidimensionalen Übergangsmetallsulfiden (wie MoS₂) verwendet werden.

Branchenübergreifende Anwendungen: Mit der Entwicklung der Biomedizin und der Weltraumforschung können Molybdäntiegel für die Hochtemperatursynthese von Biomaterialien oder die Herstellung von Materialien in Weltraumumgebungen verwendet werden.

Copyright and Legal Liability Statement



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Kapitel 2 Grundprinzipien des Molybdän-Tiegels

2.1 Physikalische und chemische Eigenschaften von Molybdänmetall

Molybdän ist ein Übergangsmetall mit dem Elementsymbol Mo und der Ordnungszahl 42, das zur sechsten Gruppe des Periodensystems gehört. Es ist bekannt für seinen hohen Schmelzpunkt, seine Korrosionsbeständigkeit und seine hervorragenden mechanischen Eigenschaften und ist das Hauptmaterial für die Herstellung von Molybdäntiegeln. Im Folgenden werden die Eigenschaften von Molybdänmetall und sein Einfluss auf die Leistung von Molybdäntiegeln unter zwei Aspekten ausführlich erörtert: physikalische und chemische Eigenschaften.

Physikalische Eigenschaften

Schmelzpunkt und Siedepunkt:

Molybdän liegt bei 2623 °C (ca. 2896 K) und wird nur von wenigen Metallen wie Wolfram und Rhenium übertroffen. Dies ermöglicht es dem Molybdäntiegel, die strukturelle Stabilität in Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen (wie z. B. bei der Verhüttung von Seltenerdmetallen und der Züchtung von Saphirkristallen) aufrechtzuerhalten.

Der Siedepunkt liegt bei etwa 4639 °C, was darauf hindeutet, dass Molybdän bei hohen Temperaturen wenig flüchtig ist und für den Langzeitbetrieb bei hohen Temperaturen geeignet ist.

Dichte:

Molybdän liegt bei 10,28 g/cm³ und damit niedriger als bei Wolfram (19,25 g/cm³), aber höher als bei vielen anderen Metallen (z. B. Aluminium mit 2,7 g/cm³). Dadurch erhält der Molybdän-Tiegel eine hohe Festigkeit und ein relativ geringes Gewicht, wodurch er leicht zu verarbeiten und zu transportieren ist.

Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnungskoeffizient:

Molybdän hat eine Wärmeleitfähigkeit von 138 W/(m·K) bei Raumtemperatur, was darauf hindeutet, dass es eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist und Wärme schnell übertragen kann, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Inneren des Tiegels zu gewährleisten. Dies ist entscheidend für Prozesse wie die Züchtung von Saphirkristallen, die eine präzise Temperaturregelung erfordern.

Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient beträgt $4,8 \times 10^{-6} / \text{K}$ (20-1000°C), was bedeutet, dass sich die Größe des Molybdäntiegels bei hohen Temperaturen kaum ändert, wodurch das Risiko von Rissen durch thermische Belastung verringert wird.

Leitfähigkeit:

Molybdän hat eine elektrische Leitfähigkeit von $1,9 \times 10^{-7} \text{ S/m}$, was eine gute elektrische Leitfähigkeit zeigt. Dies macht Molybdäntiegel in bestimmten elektrischen Heiz- oder Plasmaumgebungen, wie z. B. bei Vakuumverdampfungsbeschichtungsprozessen, vorteilhaft.

Mechanische Eigenschaften:

Copyright and Legal Liability Statement

Molybdän hat eine hohe Härte (Mohs-Härte ca. 5,5) und Zugfestigkeit (ca. 600-700 MPa) bei Raumtemperatur. Obwohl die Festigkeit von Molybdän bei hohen Temperaturen abnimmt, kann seine Hochtemperaturfestigkeit durch Dotierung (z. B. Zugabe von Ceroxid oder Seltenerdelementen) erheblich verbessert werden.

Molybdän hat eine gute Duktilität und kann durch Schmieden, Walzen oder Strecken zu dünnen Platten oder komplexen Formen verarbeitet werden. Es eignet sich für die Herstellung von Tiegeln verschiedener Spezifikationen.

Chemische Eigenschaften

Korrosionsbeständigkeit:

Molybdän hat eine gute Korrosionsbeständigkeit gegen die meisten Säuren (wie Salzsäure, Schwefelsäure) und Laugen bei Raum- und moderaten Temperaturen, kann aber bei hohen Temperaturen mit stark oxidierenden Säuren (wie Salpetersäure) oder geschmolzenen Laugen reagieren.

In nicht oxidierenden Hochtemperaturatmosphären (wie Vakuum oder Inertgas) weist Molybdän eine ausgezeichnete chemische Stabilität gegenüber geschmolzenen Metallen (wie Seltenerdmetallen, Aluminium, Magnesium) und Oxiden auf und eignet sich für die Verhüttung von hochreinen Materialien.

Molybdän reagiert leicht mit Sauerstoff und bildet Molybdäntrioxid, wenn es an der Luft auf über 600 °C erhitzt wird. Daher werden Molybdäntiegel in der Regel im Vakuum oder in inerter Atmosphäre (wie Argon oder Stickstoff) eingesetzt.

Oxidationsverhalten:

Bei niedrigen Temperaturen (<400 °C) bildet sich auf der Oberfläche von Molybdän eine dichte Oxidschutzschicht, um die weitere Oxidation zu verlangsamen. Bei hohen Temperaturen verflüchtigt sich das Oxid jedoch und verursacht eine schnelle Oxidation von Molybdän, was eine Schutzatmosphäre oder eine Oberflächenbeschichtung (z. B. eine Silizidbeschichtung) erfordert, um die Lebensdauer des Tiegels zu verlängern.

Reaktivität mit anderen Elementen:

Molybdän reagiert bei hohen Temperaturen langsam mit Nichtmetallen wie Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel, kann aber bei extrem hohen Temperaturen (>1500 °C) Molybdänkarbid (Mo_2C) oder Molybdännitrid (MoN) bilden, was die Leistung des Tiegels beeinträchtigt. Daher ist Vorsicht geboten, wenn es in kohlenstoffbasierten Materialien oder stickstoffhaltigen Atmosphären verwendet wird.

Molybdän hat eine gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber bestimmten geschmolzenen Metallen (wie Lithium und Natrium), aber leichte Korrosion kann auftreten, wenn es mit geschmolzenen Nickel- oder Eisenlegierungen in Berührung kommt.

Copyright and Legal Liability Statement

Die Leistung des Molybdän-Tiegels

Molybdän bestimmt direkt die Leistung von Molybdäntiegeln in Hochtemperaturumgebungen. So gewährleisten beispielsweise der hohe Schmelzpunkt und der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient die strukturelle Stabilität des Tiegels in Umgebungen über 1700 °C. Die gute Wärmeleitfähigkeit sorgt für eine gleichmäßige Temperatur im Inneren des Tiegels und reduziert Defekte beim Kristallwachstum. Die Korrosionsbeständigkeit verringert die Reaktion zwischen dem Tiegel und der Schmelze und gewährleistet so die Reinheit des Produkts.

2.2 Arbeitsmechanismus in Umgebungen mit hohen Temperaturen

Der Molybdän-Tiegel in Hochtemperaturumgebungen beinhaltet komplexe Wechselwirkungen von Wärmeleitung, Wärmestrahlung, chemischer Reaktion und mechanischer Reaktion. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse des Funktionsprinzips unter drei Aspekten: thermisch, chemisch und mechanisch.

Thermischer Mechanismus

Wärmeleitung:

Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Molybdäntiegels ermöglicht es, Energie schnell von einer externen Wärmequelle (z. B. Widerstandsheizung oder Induktionserwärmung) in das Innere des Tiegels zu übertragen, wodurch sichergestellt wird, dass das geschmolzene Material oder die Reaktanten gleichmäßig erhitzt werden. Bei der Züchtung von Saphirkristallen fördert der Molybdäntiegel beispielsweise die stabile Kristallisation der Aluminiumoxidschmelze durch gleichmäßige Erwärmung.

Bei ungleichmäßiger Erwärmung reduziert der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient des Molybdäntiegels die thermische Belastung und vermeidet Rissbildung oder Verformung des Tiegels.

Wärmestrahlung:

Bei hohen Temperaturen (>1000 °C) gibt die Oberfläche des Molybdäntiegels durch Wärmestrahlung Energie an die Umgebung ab. Der Emissionsgrad von Molybdän beträgt etwa 0,1-0,3 (variiert je nach Temperatur und Oberflächenzustand). Ein niedrigerer Emissionsgrad trägt dazu bei, Wärmeverluste zu reduzieren und die Energieeffizienz zu verbessern.

Um den thermischen Wirkungsgrad weiter zu verbessern, haben moderne Molybdäntiegel oft eine polierte Oberfläche oder eine reflektierende Beschichtung (z. B. Zirkonoxidbeschichtung), um Strahlungsverluste zu reduzieren.

Management des Temperaturgradienten:

Während des Kristallwachstums oder der Verhüttung muss der Molybdäntiegel einen bestimmten Temperaturgradienten aufrechterhalten. Zum Beispiel erfordert die Czochralski-Kristallzüchtung, dass die Temperatur am Boden des Tiegels etwas niedriger ist als die an der Oberseite, um das gerichtete Kristallwachstum zu fördern. Die Wärmeleitfähigkeit und das geometrische Design des Molybdäntiegels (z. B. Wandstärke und Form) können durch Simulation optimiert werden, um eine

Copyright and Legal Liability Statement

ideale Temperaturverteilung zu gewährleisten.

Chemischer Mechanismus

Chemische Stabilität:

Im Vakuum oder in inerter Atmosphäre reagieren Molybdäntiegel mit den meisten geschmolzenen Metallen und Oxiden nicht signifikant. Bei der Verhüttung von Seltenerdmetallen können Molybdäntiegel beispielsweise der Hochtemperaturkorrosion von Neodym oder Cer standhalten und die Materialreinheit bewahren.

In einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre müssen Molybdäntiegel durch eine Schutzatmosphäre oder eine Oberflächenbeschichtung vor Oxidation geschützt werden. So kann beispielsweise eine Molybdänsilizid-Beschichtung (MoSi_2) bei hohen Temperaturen eine stabile SiO_2 -Schutzschicht bilden, die die Lebensdauer des Tiegels erheblich verlängert.

Kontrolle von Verunreinigungen:

Hochreine Molybdän-Tiegel (Verunreinigungsgehalt $<0,05\%$) minimieren Reaktionen mit geschmolzenen Materialien und vermeiden Kontaminationen. Bei der Herstellung von Halbleiter-Silizium-Barren beispielsweise gewährleistet die geringe Verunreinigungsfreisetzung von Molybdäntiegeln eine hohe Reinheit des Siliziums ($>99,9999\%$).

Mechanik

Hohe Temperaturfestigkeit:

Molybdän bei hoher Temperatur nimmt mit steigender Temperatur ab, aber nach der Dotierung mit Seltenerdoxid (wie La_2O_3 oder CeO_2) kann seine Hochtemperaturfestigkeit deutlich verbessert werden. So kann ein Cer-dotierter Molybdän-Tiegel noch eine Zugfestigkeit von etwa 200 MPa bei 1700°C aufrechterhalten, was für den Langzeitbetrieb bei hohen Temperaturen geeignet ist.

Auch Molybdäntiegel (d. h. langsame Verformung bei hohen Temperaturen) werden durch Kornfeinung und Dotierung optimiert, wodurch die Lebensdauer des Tiegels verlängert wird.

Thermische Ermüdungsbeständigkeit:

Molybdäntiegel können aufgrund von thermischer Belastung bei wiederholten Heiz- und Kühlzyklen Mikrorisse entwickeln. Moderne Herstellungsverfahren verbessern die thermische Ermüdungsbeständigkeit von Tiegeln, indem sie die Korngröße kontrollieren und Verstärkungsphasen wie Oxidpartikel hinzufügen.

Schlagzähigkeit:

Molybdäntiegel behalten auch bei hohen Temperaturen eine gewisse Zähigkeit bei und können mechanischen Stößen beim Be- oder Entladen standhalten. In einem großen Schmelzofen für Seltene Erden muss der Molybdäntiegel beispielsweise den Einwirkungen von geschmolzenem Metall standhalten, ohne zu brechen.

Copyright and Legal Liability Statement

2.3 Vergleich mit anderen hochtemperaturbeständigen Materialien

Molybdän-Tiegel mit anderen hochtemperaturbeständigen Materialien wie Wolfram, Tantal, Graphit, Aluminiumoxid und Zirkonoxid helfen, ihre einzigartigen Vorteile und Grenzen zu verstehen. Im Folgenden finden Sie einen detaillierten Vergleich unter vier Aspekten: physikalische Eigenschaften, chemische Stabilität, Kosten und Anwendungsszenarien.

1. Wolfram

Physikalische Eigenschaften:

Der Schmelzpunkt von Wolfram (3422 °C) ist höher als der von Molybdän und eignet sich für Umgebungen mit höheren Temperaturen (>2000 °C). Allerdings ist die Dichte von Wolfram (19,25 g/cm³) fast doppelt so hoch wie die von Molybdän, was den Wolframtiegel schwer und schwer zu verarbeiten macht.

Die Wärmeleitfähigkeit von Wolfram (173 W/(m·K)) ist etwas höher als die von Molybdän, aber sein Wärmeausdehnungskoeffizient ($4,5 \times 10^{-6}$ /K) ist ähnlich wie der von Molybdän und seine thermische Spannungsleistung ist ähnlich.

Chemische Stabilität:

Wolfram ist widerstandsfähiger gegen Korrosion durch geschmolzene Metalle als Molybdän, insbesondere bei Kontakt mit geschmolzenem Eisen oder Nickel. Wolfram oxidiert jedoch in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre schneller und benötigt eine strengere Schutzatmosphäre.

Kosten:

Wolfram ist in der Regel teurer als Molybdän, und die Verarbeitungskosten sind aufgrund seiner hohen Härte und Sprödigkeit höher. Molybdäntiegel sind bei Anwendungen unter 1700 °C wirtschaftlicher.

Anwendungsszenarien:

Wolframtiegel werden hauptsächlich in Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen eingesetzt (z. B. bei Prozessen mit >2000 °C, denen Molybdän nicht standhalten kann), während Molybdäntiegel häufiger bei der Verhüttung von Seltenen Erden und bei der Züchtung von Saphirkristallen eingesetzt werden.

2. Tantal

Physikalische Eigenschaften:

Der Schmelzpunkt von Tantal (3017 °C) liegt zwischen Molybdän und Wolfram, und seine Dichte (16,6 g/cm³) ist höher als bei Molybdän, aber niedriger als bei Wolfram. Die Wärmeleitfähigkeit von Tantal (57 W/(m·K)) ist deutlich geringer als die von Molybdän, was zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung führt.

Chemische Stabilität:

Copyright and Legal Liability Statement

Tantal hat eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegenüber Säuren und geschmolzenen Metallen, insbesondere besser als Molybdän in stark sauren Umgebungen. Tantal wird jedoch in sauerstoffhaltigen Atmosphären mit hohen Temperaturen leicht oxidiert und erfordert eine strenge Vakuumumgebung.

Kosten:

Der Preis von Tantal ist viel höher als der von Molybdän und Wolfram, und seine Ressource ist knapp, was zu extrem hohen Herstellungskosten von Tantaltiegeln führt. Es wird in der Regel nur in speziellen chemischen Prozessen eingesetzt.

Anwendungsszenarien:

Tantaltiegel werden hauptsächlich in hochkorrosiven chemischen Reaktionen (wie z. B. Fluoridschmelzen) verwendet, während Molybdäntiegel bei umfangreicheren Hochtemperaturschmelzen und Kristallzüchtungen dominieren.

3. Graphit

Physikalische Eigenschaften:

Graphit hat einen extrem hohen Schmelzpunkt ($>3500\text{ }^{\circ}\text{C}$), aber seine Dichte ($1,8\text{--}2,2\text{ g/cm}^3$) ist viel niedriger als die von Molybdän, wodurch es leicht und einfach zu verarbeiten ist. Die Wärmeleitfähigkeit von Graphit ($100\text{--}200\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) ist vergleichbar mit der von Molybdän, aber sein Wärmeausdehnungskoeffizient ist höher, was ihn anfällig für thermische Belastungen macht.

Chemische Stabilität:

Graphit hat eine gute chemische Stabilität in nicht oxidierenden Atmosphären, wird aber in sauerstoffhaltigen Umgebungen leicht oxidiert, was seine Verwendung an der Luft einschränkt. Graphit kann auch mit bestimmten geschmolzenen Metallen reagieren und das Produkt verunreinigen.

Kosten:

Die Herstellungskosten von Graphittiegel sind viel niedriger als die von Molybdän, das für die Produktion in großem Maßstab und zu niedrigen Kosten geeignet ist. Seine Lebensdauer ist jedoch kurz und muss häufig ausgetauscht werden.

Anwendungsszenarien:

Graphittiegel werden häufig in der Verhüttung von Nichteisenmetallen (wie Aluminium und Kupfer) verwendet, während Molybdäntiegel eher für hochreine und Hochtemperaturprozesse (z. B. Halbleiter-Siliziumherstellung) geeignet sind.

4. Aluminiumoxid (Al_2O_3) und Zirkonoxid (ZrO_2)

Physikalische Eigenschaften:

Der Schmelzpunkt von Aluminiumoxid liegt bei etwa $2072\text{ }^{\circ}\text{C}$ und der von Zirkonoxid bei etwa

Copyright and Legal Liability Statement

2715 °C, beide niedriger als der von Molybdän . Die Wärmeleitfähigkeit beider (20-30 W/(m·K)) ist viel geringer als die von Molybdän, was zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung führt.

Die Dichte von keramischen Werkstoffen (ca. 3,9 g/cm³ für Aluminiumoxid und ca. 5,8 g/cm³ für Zirkonoxid) ist geringer als die von Molybdän, aber sie sind sehr spröde und anfällig für Rissbildung durch Temperaturschock.

Chemische Stabilität:

Aluminiumoxid und Zirkonoxid eignen sich gut für oxidierende Atmosphären, können aber reagieren, wenn sie mit bestimmten geschmolzenen Metallen, wie z. B. Seltenerdmetallen, in Kontakt kommen und das Produkt verunreinigen.

Kosten:

Keramische Tiegel kosten weniger als Molybdän, haben aber eine kürzere Lebensdauer bei hohen Temperaturen und Drücken und höhere Wartungskosten.

Anwendungsszenarien:

Keramische Tiegel werden meist für kleine Laborexperimente oder das Sintern von nichtmetallischen Werkstoffen verwendet, während Molybdäntiegel eher für das Hochtemperaturschmelzen im industriellen Maßstab geeignet sind.

Zusammenfassen

Molybdäntiegel haben das beste Leistungs-Kosten-Verhältnis im Temperaturbereich unter 1700 °C und kombinieren einen hohen Schmelzpunkt, Korrosionsbeständigkeit und Verarbeitungsflexibilität. Im Vergleich zu Wolfram und Tantal sind Molybdäntiegel wirtschaftlicher und einfacher zu verarbeiten; Im Vergleich zu Graphit und Keramik sind Molybdäntiegel in Bezug auf hohe Reinheit und hohe Temperaturstabilität überlegen. Laut Chinatungsten Online (news.chinatungsten.com) wächst der Marktanteil von Molybdän-Tiegeln in der Seltenerd- und Halbleiterindustrie weiter, was seine breite Anwendbarkeit widerspiegelt.

2.4 Thermodynamische und mechanische Eigenschaften

Molybdän-Tiegel in Umgebungen mit hohen Temperaturen bestimmen ihre Arbeitseffizienz und Lebensdauer. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse aus den beiden Aspekten der Thermodynamik und der Mechanik.

Thermodynamische Eigenschaften

Wärmekapazität und spezifische Wärme:

Molybdän beträgt etwa 0,25 J/(g·K) (Raumtemperatur), die mit steigender Temperatur leicht ansteigt. Durch die geringere spezifische Wärmekapazität benötigt der Molybdäntiegel weniger Energie beim Erhitzen und eignet sich für schnelle Erhitzungsprozesse.

Die Wärmekapazität steht in direktem Zusammenhang mit der Masse und Größe des Tiegels. Große

Copyright and Legal Liability Statement

Molybdäntiegel benötigen längere Aufheizzeiten, können aber durch ihre hohe Wärmeleitfähigkeit diesen Prozess effektiv verkürzen.

Wärmeausdehnung und thermische Beanspruchung:

Molybdän ($4,8 \times 10^{-6} / \text{K}$) reduziert Volumenänderungen bei hohen Temperaturen und verringert das Risiko von Rissbildung durch thermische Spannung. Bei der Züchtung von Saphirglas können Molybdän-Tiegel beispielsweise bei 2050 °C formstabil bleiben.

Thermische Spannungen können durch die Optimierung der Tiegelwandstärke und -geometrie (z. B. abgerundete Ecken) weiter reduziert werden.

Phasenstabilität:

Molybdän weist keine Phasenänderung im Festkörperbereich ($< 2623 \text{ °C}$) auf und weist eine hohe thermodynamische Stabilität auf, wodurch Volumenänderungen oder Leistungseinbußen durch Phasenwechsel vermieden werden.

Bei Temperaturen nahe dem Schmelzpunkt hat Molybdän einen niedrigen Dampfdruck (ca. 10^{-5} Pa bei 2000 °C), der den Materialverlust reduziert.

Wärmestrahlung und Energieverlust:

Der Molybdän-Tiegel reduziert den Verlust der Wärmestrahlung und verbessert die Energieausnutzung. Moderne Molybdän-Tiegel werden oft durch Oberflächenpolitur oder -beschichtung weiter für die Wärmestrahlung optimiert.

Mechanische Eigenschaften

Hohe Temperaturfestigkeit und Kriechen:

Molybdän liegt bei 1700°C bei etwa 100-200 MPa, was viel höher ist als bei vielen Metallen. Durch die Dotierung mit Oxiden (wie CeO_2 oder La_2O_3) kann die Hochtemperaturfestigkeit auf mehr als 300 MPa gesteigert werden.

Molybdän beschleunigt sich mit zunehmender Beanspruchung bei hohen Temperaturen, aber das Kriechen kann durch Kornfeinung und Dotierung deutlich reduziert werden. So kann z.B. die Kriechgeschwindigkeit von Cer-dotiertem Molybdän-Tiegel bei 1700°C unter $10^{-5}/\text{s}$ geregelt werden.

Ermüdung und Temperaturschock:

Molybdäntiegel können aufgrund von Ermüdung bei wiederholten thermischen Zyklen Mikrorisse entwickeln. Moderne Herstellungsverfahren verbessern die Ermüdungsbeständigkeit, indem sie die Korngröße (in der Regel $< 50 \text{ }\mu\text{m}$) kontrollieren und Verstärkungsphasen hinzufügen.

Die Zähigkeit von Molybdän ermöglicht es ihm, bestimmten Temperaturschocks, wie z. B. einer schnellen Abkühlung, standzuhalten und gleichzeitig seine Integrität zu bewahren.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Härte und Verschleißfestigkeit:

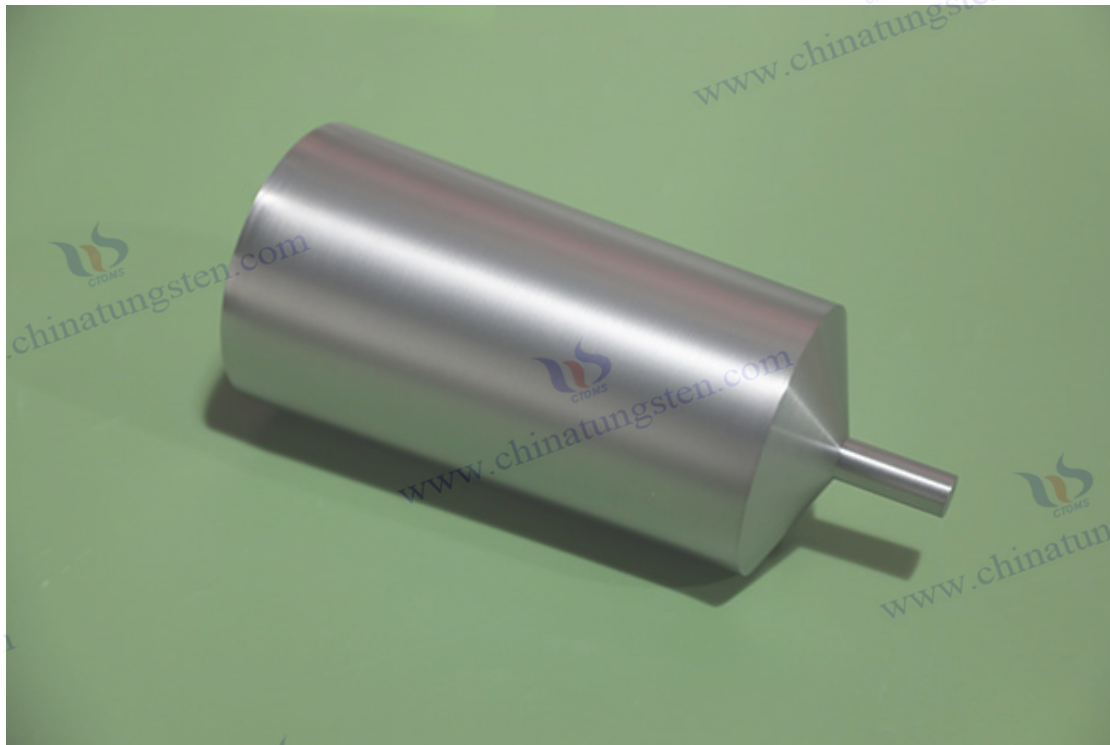
Die Vickers-Härte von Molybdän bei Raumtemperatur liegt bei etwa 200-250 HV, die bei hohen Temperaturen leicht abnimmt. Die Härte des molybdändotierten Tiegels kann auf 300 HV erhöht werden, was seine Verschleißfestigkeit erhöht und für den Langzeiteinsatz geeignet ist.

Verarbeitungsleistung:

Molybdän ermöglicht die Verarbeitung zu Tiegeln mit komplexen Formen durch Schmieden, Walzen oder Bearbeiten. Molybdän ist jedoch bei Raumtemperatur spröde und muss bei hohen Temperaturen ($>1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) warmumgeformt werden, um Risse zu vermeiden.

Leistungsfähigkeit in der Praxis

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden sorgen die thermodynamischen und mechanischen Eigenschaften von Molybdäntiegeln für deren Langzeitstabilität bei $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Molybdäntiegel können beispielsweise der Korrosion und den mechanischen Einwirkungen von geschmolzenem Neodym standhalten und gleichzeitig eine gleichmäßige Temperaturverteilung aufrechterhalten. Bei der Saphirkristallzüchtung unterstützen die geringe Wärmeausdehnung und die hohe Temperaturfestigkeit von Molybdäntiegeln einen wochenlangen Dauerbetrieb.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Copyright and Legal Liability Statement

Kapitel 3 Leistung des Molybdän-Tiegels

3.1 Physikalische und chemische Eigenschaften des Molybdän-Tiegels

Der Molybdän-Tiegel beruht vor allem auf den physikalischen und chemischen Eigenschaften seines Grundstoffs Molybdän. Diese Eigenschaften bestimmen die Leistung des Molybdän-Tiegels in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hoher Korrosion. Im Folgenden wird ausführlich auf vier Aspekte eingegangen: Schmelzpunkt und thermische Stabilität, Dichte und Wärmeleitfähigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit, mechanische Festigkeit und Zähigkeit.

3.1.1 Schmelzpunkt und thermische Stabilität des Molybdäntiegels

Molybdän hat eine Temperatur von 2623 °C, was nach Wolfram und Rhenium zu den Materialien mit höheren Schmelzpunkten unter den bekannten Metallen gehört. Dieser hohe Schmelzpunkt verleiht Molybdäntiegeln eine hervorragende Stabilität in Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen, wodurch sie häufig in der Schmelze von Seltenerdmetallen, bei der Züchtung von Saphirkristallen und bei der Herstellung von Halbleitermaterialien eingesetzt werden.

Thermische Stabilitätsleistung:

Molybdän-Tiegel können bei Temperaturen unter 1700 °C lange Zeit stabil arbeiten und kurzzeitig sogar Temperaturen über 2000 °C standhalten. Während des Wachstums von Saphirkristallen müssen Molybdäntiegel beispielsweise mehrere Wochen lang kontinuierlich bei 2050 °C betrieben werden, wobei die strukturelle Integrität und chemische Stabilität erhalten bleiben.

Der niedrige Dampfdruck von Molybdän (ca. 10^{-5} Pa bei 2000 °C) sorgt für minimalen Materialverlust bei hohen Temperaturen und verlängert so die Lebensdauer des Tiegels.

Der Molybdän-Tiegel spiegelt sich auch in seinen phasenwechselfreien Eigenschaften wider. Molybdän unterliegt im Festkörperbereich (<2623 °C) keinen Veränderungen der Kristallstruktur, wodurch eine Volumenausdehnung oder Leistungseinbußen durch Phasenwechsel vermieden werden.

Einflussfaktoren:

Gehalt an Verunreinigungen: Tiegel aus hochreinem Molybdän ($\geq 99,95\%$) weisen eine bessere thermische Stabilität auf als Produkte mit geringer Reinheit, da Verunreinigungen (wie Kohlenstoff, Sauerstoff) bei hohen Temperaturen zu lokalem Schmelzen oder Schwächung der Korngrenze führen können.

Durch Pulvermetallurgie hergestellte Molybdäntiegel können Mikroporen aufweisen, die die thermische Stabilität verringern; Geschmiedete oder maschinell bearbeitete Tiegel haben eine höhere Dichte und eine bessere thermische Stabilität.

Schutzatmosphäre: Molybdän wird in einer sauerstoffhaltigen Umgebung leicht oxidiert und muss in einem Vakuum oder einer inerten Atmosphäre (wie Argon, Stickstoff) verwendet werden, um die thermische Stabilität aufrechtzuerhalten.

Copyright and Legal Liability Statement

3.1.2 Dichte und Wärmeleitfähigkeit des Molybdän-Tiegels

Dichte:

Molybdän liegt bei $10,28 \text{ g/cm}^3$ und damit niedriger als Wolfram ($19,25 \text{ g/cm}^3$), aber höher als Aluminium ($2,7 \text{ g/cm}^3$). Diese Dichte verleiht dem Molybdäntiegel eine hohe Festigkeit und ein relativ geringes Gewicht, wodurch er leicht zu verarbeiten, zu transportieren und zu installieren ist. Molybdäntiegel mit hoher Dichte (nahe 99,5 % der theoretischen Dichte) werden durch isostatisches Pressen und Hochtemperaturesintern hergestellt, um die mechanische Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit des Tiegels zu gewährleisten. Im Gegensatz dazu kann es bei Tiegeln mit geringer Dichte (<95 % theoretische Dichte) aufgrund von Poren an Festigkeit mangeln.

Wärmeleitfähigkeit:

Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdän beträgt bei Raumtemperatur $138 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ und nimmt mit steigender Temperatur (ca. $100 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ bei 1000°C) leicht ab). Die hohe Wärmeleitfähigkeit ermöglicht eine schnelle Wärmeübertragung des Molybdäntiegels und sorgt so für eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Inneren.

Bei der Züchtung von Saphirkristallen ist eine gleichmäßige Temperaturverteilung entscheidend für die Kristallqualität. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdäntiegeln reduziert Kristalldefekte, die durch Temperaturgradienten verursacht werden.

Im Gegensatz dazu ist die Wärmeleitfähigkeit von keramischen Tiegeln (wie Aluminiumoxid mit einer Wärmeleitfähigkeit von etwa $20\text{-}30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) viel geringer als die von Molybdän, was zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung führt, was seine Anwendung in hochpräzisen Prozessen einschränkt.

Nutzanwendung:

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden unterstützt die hohe Wärmeleitfähigkeit des Molybdäntiegels eine schnelle Erwärmung und ein gleichmäßiges Schmelzen, wodurch die Produktionseffizienz verbessert wird.

3.1.3 Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit des Molybdäntiegels

Antioxidative Eigenschaften:

Molybdän bildet bei niedrigen Temperaturen ($<400^\circ\text{C}$) eine dichte Oxidschicht auf der Oberfläche, die die weitere Oxidation verlangsamt. Bei hohen Temperaturen ($>600^\circ\text{C}$) verflüchtigt sich das Oxid, was zu einer schnellen Oxidation führt.

Um die Oxidationsbeständigkeit zu verbessern, werden Molybdäntiegel in der Regel im Vakuum oder in inerte Atmosphäre eingesetzt. Bei der Herstellung von Halbleiter-Silizium-Barren werden Molybdäntiegel beispielsweise in einer Hochvakuumumgebung ($<10^{-4} \text{ Pa}$) betrieben, um eine Oxidation zu vermeiden.

Die Oberflächenbeschichtungstechnologie (z. B. Molybdänsilizid-MoSi₂- oder Zirkonoxid-ZrO₂-Beschichtung) kann die Oxidationsbeständigkeit erheblich verbessern. Die Molybdän-Silizid-

Copyright and Legal Liability Statement

Beschichtung bildet bei hohen Temperaturen eine stabile SiO_2 -Schutzschicht und verlängert so die Lebensdauer des Tiegels.

Korrosionsbeständigkeit:

Molybdäntiegel weisen eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegenüber einer Vielzahl von geschmolzenen Metallen (wie Seltenerdmetallen, Aluminium, Magnesium) und Oxiden auf. Bei der Herstellung von NdFeB-Magneten können Molybdäntiegel beispielsweise der Korrosion von geschmolzenem Neodym standhalten und die Reinheit des Produkts erhalten.

Molybdän hat eine gute Korrosionsbeständigkeit gegen Säuren (wie Salzsäure und Schwefelsäure) und Laugen, kann aber in stark oxidierenden Säuren (wie Salpetersäure) oder geschmolzenen Laugen reagieren.

Bei Kontakt mit bestimmten Hochtemperaturwerkstoffen (wie z. B. Nickel- und Eisenlegierungen) kann Molybdän leicht korrodieren, was durch Oberflächenmodifikation oder Auswahl geeigneter Betriebsbedingungen kontrolliert werden muss.

Verbesserungsmaßnahmen:

Die Dotierung mit Seltenerdoxid (wie CeO_2 , La_2O_3) kann die Korrosionsbeständigkeit von Molybdäntiegeln verbessern, insbesondere wenn sie mit geschmolzenen Seltenerdmetallen in Berührung kommen.

3.1.4 Mechanische Festigkeit und Zähigkeit des Molybdäntiegels

Mechanische Festigkeit:

Molybdän liegt bei Raumtemperatur bei etwa 600-700 MPa, das bei hoher Temperatur (1700 °C) auf 100-200 MPa abfällt. Durch Dotierung (wie z.B. CeO_2) kann die Hochtemperaturfestigkeit auf 300 MPa erhöht werden.

Der Molybdän-Tiegel hat eine Temperatur von etwa 200-250 HV, die nach der Dotierung 300 HV erreichen kann, was die Verschleißfestigkeit und Schlagfestigkeit erhöht.

Geschmiedete Molybdäntiegel sind höher als die von pulvermetallurgischen Tiegeln, da beim Schmieden Poren beseitigt und die Körner verfeinert werden.

Zähigkeit:

Molybdän ist bei Raumtemperatur spröde (begrenzte Duktilität), weist aber bei hohen Temperaturen (>1000 °C) eine gute Zähigkeit auf, wodurch es für die Warmumformung und den Hochtemperaturbetrieb geeignet ist.

Der Molybdän-Tiegel ermöglicht es, mechanischen Stößen beim Be- oder Entladen standzuhalten. Bei der Verhüttung von Seltenen Erden beispielsweise muss der Molybdäntiegel den Einwirkungen von geschmolzenem Metall standhalten, ohne zu brechen.

Copyright and Legal Liability Statement

Die Oxiddotierung oder Korngrößenkontrolle ($<50\text{ }\mu\text{m}$) kann die Zähigkeit weiter verbessern und das Risswachstum während des thermischen Zyklus reduzieren.

Nutzanwendung:

In großen Seltenerdschmelzöfen gewährleisten die mechanische Festigkeit und Zähigkeit von Molybdäntiegeln ihre Zuverlässigkeit bei hohen Temperaturen und hohem Druck.

3.2 Thermische und mechanische Eigenschaften des Molybdän-Tiegels

Molybdäntiegel bestimmen ihre Leistung in Umgebungen mit hohen Temperaturen, insbesondere in Bezug auf Wärmeausdehnung, Temperaturwechselbeständigkeit, Kriech- und Ermüdungsverhalten. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse.

3.2.1 Wärmeausdehnung und Hochtemperaturverformung des Molybdäntiegels

Wärmeausdehnung:

Molybdän hat einen Gehalt von $4,8 \times 10^{-6} / \text{K}$ ($20\text{--}1000^\circ\text{C}$), was viel niedriger ist als bei vielen Metallen (wie Aluminium: $23 \times 10^{-6} / \text{K}$) und Keramiken (wie Aluminiumoxid: $8 \times 10^{-6} / \text{K}$). Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient reduziert Volumenänderungen bei hohen Temperaturen und verringert das Risiko von Rissbildung durch thermische Spannung.

Bei der Züchtung von Saphirkristallen sorgt die geringe Wärmeausdehnung des Molybdäntiegels dafür, dass die Tiegelform bei 2050°C stabil bleibt, wodurch Defekte beim Kristallwachstum vermieden werden.

Verformung bei hohen Temperaturen:

Bei hohen Temperaturen können sich Molybdäntiegel aufgrund von thermischer Belastung oder äußeren Kräften leicht verformen. Der Grad der Verformung hängt von der Wandstärke, der Geometrie und der Heizrate des Tiegels ab.

Durch die Optimierung des Designs (z. B. durch Erhöhen der Wandstärke oder Verwendung abgerundeter Ecken) kann die Verformung reduziert werden. Zum Beispiel beträgt die Wandstärke von großen Molybdäntiegeln in der Regel $10\text{--}20\text{ mm}$, um die Fähigkeit zu verbessern, Verformungen zu widerstehen.

Die Dotierung mit Seltenerdoxid kann die Hochtemperatursteifigkeit erhöhen und die Verformung reduzieren. So ist beispielsweise die Verformung eines Cer-dotierten Molybdän-Tiegels bei 1700°C etwa 20% geringer als die eines reinen Molybdän-Tiegels.

3.2.2 Temperaturwechselbeständigkeit des Molybdäntiegels

Temperaturwechselbeständigkeit:

Molybdäntiegel zeichnen sich durch ihre hohe Wärmeleitfähigkeit, ihren niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten und ihre gewisse Zähigkeit aus. Diese Eigenschaften ermöglichen es ihnen, thermischen Belastungen durch schnelles Aufheizen oder Abkühlen standzuhalten.

Copyright and Legal Liability Statement

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden muss der Molybdän-Tiegel einen raschen Temperaturanstieg von Raumtemperatur auf 1700 °C erfahren. Seine Temperaturwechselbeständigkeit sorgt dafür, dass der Tiegel nicht reißt.

Einflussfaktoren:

Korngröße: Feine Körner ($<50\text{ }\mu\text{m}$) können thermische Spannungen verteilen und die Temperaturwechselbeständigkeit verbessern.

Oberflächenqualität: Polierte Oberflächen oder Beschichtungen können die Ausbreitung von Rissen durch Oberflächenfehler reduzieren.

Betriebsbedingungen: Langsame Aufheiz- und Abkühlraten (z. B. $<10\text{ }^{\circ}\text{C/min}$) können die Temperaturwechselbeständigkeit weiter verbessern.

Verbesserungsmaßnahmen:

Die Zugabe von Oxiden (wie z. B. La_2O_3) kann die Zähigkeit von Molybdän erhöhen und seine Temperaturwechselbeständigkeit verbessern.

3.2.3 Kriechen und Langzeitstabilität des Molybdäntiegels

Kriecheigenschaften:

Kriechen ist die langsame Verformung eines Molybdäntiegels unter Dauerbelastung bei hoher Temperatur. Die Kriechgeschwindigkeit von Molybdän bei 1700°C beträgt ca. 10^{-5} /s (Spannung 100 MPa), die durch Dotierung auf 10^{-6} /s reduziert werden kann.

Die Kriechgeschwindigkeit hängt eng mit Temperatur, Spannung und Korngröße zusammen. Hohe Temperaturen und große Körner beschleunigen das Kriechen; während Doping und feine Körner es verlangsamen.

Langzeitstabilität:

Der Molybdän-Tiegel hängt von seiner Kriechbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit ab. Im Vakuum oder in inerter Atmosphäre kann der Cer-dotierte Molybdän-Tiegel Tausende von Stunden lang bei 1700 °C betrieben werden, ohne sich nennenswert zu verformen.

Verbesserungsmaßnahmen:

Kontrollierte Korngröße ($<30\text{ }\mu\text{m}$) zur Verbesserung der Kriechfestigkeit.

Fügen Sie Oxid- oder Karbid-Verstärkungsphasen (z. B. ZrO_2 , TiC) hinzu, um die Hochtemperatursteifigkeit zu erhöhen.

3.2.4 Ermüdung des Molybdäntiegels und zyklische Verwendung

Ermüdungsverhalten:

Molybdäntiegel können aufgrund von Ermüdung bei wiederholten thermischen Zyklen Mikrorisse erzeugen. Das Ermüdungsverhalten hängt mit der Korngröße, Oberflächendefekten und Dotierungselementen zusammen.

Feinkörnige und oxiddotierte Molybdäntiegel weisen eine höhere Ermüdungsbeständigkeit auf. So

Copyright and Legal Liability Statement

können Cer-dotierte Molybdän-Tiegel mehr als 200 thermische Zyklen bei 1500 °C aushalten.

Recycling:

Der Molybdän-Tiegel ist abhängig von den Betriebsbedingungen und Wartungsmaßnahmen. Unter den Bedingungen der richtigen Schutzatmosphäre und des langsamen Temperaturanstiegs und -abfalls kann der Molybdäntiegel hunderte Male wiederverwendet werden.

Oberflächenbeschichtungen (wie MoSi_2) können das Wachstum von Ermüdungsrissen reduzieren und die Lebensdauer verlängern.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie müssen Molybdäntiegel mehrere Heiz- und Abkühlzyklen durchlaufen, und ihre Ermüdungsbeständigkeit wirkt sich direkt auf die Produktionskosten aus.

3.3 Beziehung zwischen der Mikrostruktur und der Leistung des Molybdäntiegels

Der Molybdän-Tiegel steht in engem Zusammenhang mit seiner Mikrostruktur, einschließlich der Kornstruktur, der Dotierungselemente und der Oberflächenmorphologie. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse.

3.3.1 Kornstruktur und -orientierung

Kornstruktur:

Der Molybdän-Tiegel liegt in der Regel zwischen 10-100 μm . Feine Körnungen (<50 μm) verbessern die Festigkeit, Zähigkeit und Kriechfestigkeit, indem sie die Korngrenzdicke erhöhen.

Große Körner (>100 μm) können zu einer verminderten Hochtemperaturfestigkeit und einem beschleunigten Risswachstum führen, so dass moderne Molybdäntiegel dazu neigen, eine feine Kornstruktur anzunehmen.

Orientierung der Körnung:

Der Molybdän-Tiegel hat einen erheblichen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften. Schmiede- oder Walzprozesse können eine Textur (z. B. <110>Ausrichtung) induzieren, die die Zugfestigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit verbessert.

Zufällig ausgerichtete Kornstrukturen, wie z. B. pulvermetallurgische Tiegel, sind in isotropen Anwendungen häufiger anzutreffen, aber etwas schwächer als texturierte Tiegel.

Nutzanwendung:

Der Molybdän-Tiegel sorgt für eine gleichmäßige Temperaturverteilung und reduziert Kristalldefekte während der Saphirkristallzüchtung.

3.3.2 Wirkung von Dotierungselementen

Dotierungselemente:

Zu den häufig verwendeten Dotierungselementen gehören Ceroxid (CeO_2), Lanthanoxid (La_2O_3),

Copyright and Legal Liability Statement

Yttriumoxid (Y_2O_3) und Titancarbid (TiC). Diese Elemente verbessern die Leistung von Molybdäntiegeln durch Feststoffverfestigung oder Verstärkung in der zweiten Phase.

Ceroxid (0,5-2 Gew.-%) kann Körner verfeinern, die Hochtemperaturfestigkeit und Kriechbeständigkeit verbessern und die Korrosionsbeständigkeit erhöhen.

Lanthanoxid verbessert die Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit und eignet sich daher besonders für Recyclingszenarien.

Wirkmechanismus:

Die Dotierungselemente bilden an den Korngrenzen einen Pinning-Effekt, der das Kornwachstum und das Kriechen hemmt.

Oxidpartikel können thermische Spannungen ableiten und das Risswachstum reduzieren.

Durch Dotierung kann auch die Oxidationsbeständigkeit von Molybdän verbessert werden. So kann beispielsweise Ceroxid die Bildung einer stabilen Schutzschicht fördern.

3.3.3 Oberflächenmorphologie und Hochtemperaturverhalten

Morphologie der Oberfläche:

Der Molybdän-Tiegel hat einen wichtigen Einfluss auf sein Verhalten bei hohen Temperaturen. Die polierte Oberfläche ($R_a < 0,8 \mu m$) kann den Rissausgangspunkt verringern und die Temperaturwechselbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit verbessern.

Raue Oberflächen ($R_a > 2 \mu m$) können aufgrund der Spannungskonzentration Risse verursachen, die die Lebensdauer verringern.

Modifikation der Oberfläche:

Beschichtungen (wie $MoSi_2$, ZrO_2) können die Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Oberflächen verbessern. So bildet die $MoSi_2$ -Beschichtung bei $1700^\circ C$ eine SiO_2 -Schutzschicht, die die Lebensdauer des Tiegels erheblich verlängert.

Durch Plasmaspritzen oder chemische Gasphasenabscheidung (CVD) können gleichmäßige Oberflächenbeschichtungen erzeugt werden, um die Leistung bei hohen Temperaturen zu verbessern.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie sorgen die geringen Oberflächendefekte von polierten Molybdän-Tiegeln für die Herstellung von hochreinem Silizium.

3.4 Lebensdauer und Zuverlässigkeit des Molybdäntiegels

Molybdän-Tiegel sind Schlüsselindikatoren für ihre industriellen Anwendungen. Im Folgenden wird eine Analyse unter drei Aspekten durchgeführt: Faktoren, die die Lebensdauer beeinflussen, Fehlermodi und Methoden der Zuverlässigkeitsprüfung.

Copyright and Legal Liability Statement

3.4.1 Faktoren, die die Lebensdauer beeinflussen

Betriebsbedingungen:

Temperatur: Betriebstemperaturen über 1700 °C beschleunigen Kriechen und Oxidation und verkürzen die Lebensdauer.

Atmosphäre: Sauerstoffhaltige Atmosphäre führt zu einer schnellen Oxidation und erfordert einen Vakuum- oder Inertgasschutz.

Thermische Zyklen: Häufige Heiz-Kühl-Zyklen erhöhen das Risiko von Ermüdungsrisen.

Materialqualität:

hochreines Mo ($\geq 99,95\%$) und dotierte Mo-Tiegel sind deutlich länger als Produkte mit geringerer Reinheit.

Feine Körnungen und ein gleichmäßiges Gefüge führen zu einer längeren Lebensdauer.

Aufbereitungstechnik:

Die Dichte und die mechanischen Eigenschaften von geschmiedeten oder maschinell bearbeiteten Tiegeln sind besser als die von pulvermetallurgischen Tiegeln, und ihre Lebensdauer ist länger.

Die Schweißqualität des Schweißtiegels hat einen wichtigen Einfluss auf die Lebensdauer und muss streng kontrolliert werden.

3.4.2 Fehlermöglichkeitsanalyse

Oxidationsfehler:

In einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre bildet sich MoO_3 auf der Oberfläche des Molybdäntiegels und verflüchtigt sich, was zu Materialverlust und Porenbildung führt.

Lösung: Verwenden Sie eine Schutzatmosphäre oder eine Antioxidationsbeschichtung.

Kriechfehler:

Bei hohen Temperaturen führt die Dauerbelastung dazu, dass sich der Tiegel langsam verformt und schließlich versagt.

Lösung: Dotierung von Oxiden oder Optimierung der Kornstruktur.

Ausfall der thermischen Ermüdung:

Wiederholte thermische Zyklen führten zu Mikrorissbildung, die zum Bruch des Tiegels führte.

Lösung: Polieren Sie die Oberfläche, verfeinern Sie das Korn und erhöhen und senken Sie langsam die Temperatur.

Korrosionsfehler:

Die Reaktion mit dem geschmolzenen Metall oder den Oxiden führt zu einer Ausdünnung oder Perforation der Tiegelwände.

Lösung: Wählen Sie korrosionsbeständige dotierte Materialien oder fügen Sie Schutzbeschichtungen hinzu.

3.4.3 Prüfverfahren für die Zuverlässigkeit

Zeitstandversuch bei hohen Temperaturen:

Es wurde eine konstante Spannung von 1700 °C angelegt und die Kriechgeschwindigkeit und

Copyright and Legal Liability Statement

Verformung gemessen, um die Langzeitstabilität zu bewerten.

Norm: ASTM E139 (Spezifikation für Zeitstandprüfungen).

Test des thermischen Zyklus:

Um die tatsächlichen Betriebsbedingungen zu simulieren, wurden mehrere Heiz-Kühl-Zyklen durchgeführt, um die Rissbildung und das Risswachstum zu beobachten.

Norm: ISO 1893 (Temperaturschockprüfungen an feuerfesten Materialien).

Antioxidans-Test:

Erhitzen auf 600-1000 °C in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre, Messung der Oxidationsgewichtszunahme oder des Materialverlusts.

Norm: ASTM G54 (Hochtemperatur-Oxidationstest).

Korrosionsprüfung:

Der Tiegel wird geschmolzenem Metall oder Oxid ausgesetzt und es werden Waddickenverluste und Oberflächenveränderungen gemessen.

Norm: ASTM G31 (Corrosion Test Specification).

3.5 China Wolfram Intelligentes Molybdän-Tiegel-Sicherheitsdatenblatt

Das Sicherheitsdatenblatt (MSDS) enthält Sicherheitshinweise für die Verwendung, Lagerung und Handhabung von Molybdäntiegeln. Im Folgenden finden Sie eine Zusammenfassung des Sicherheitsdatenblatts für [Chinatungsten Intelligent](#) Molybdän-Tiegel, das auf Industriestandards und Informationen von Chinatungsten Online basiert.

1. Produktidentifikation

Produktname: Molybdän-Tiegel

Chemischer Name: Molybdän (Mo)

CAS-Nr.: 7439-98-7

2. Identifizierung von Gefahren

Aggregatzustand: massives Metall, silbrig-weiß, geruchlos.

Hauptgefahren:

Molybdänoxid (MoO_3)-Dampf kann bei hohen Temperaturen freigesetzt werden, was beim Einatmen zu Atemwegsreizungen führen kann.

Staub oder Schneidspäne können Haut- oder Augenreizungen verursachen.

Auswirkungen auf die Umwelt: Molybdän ist ein wenig giftiges Metall, aber der Abfall muss in Übereinstimmung mit den Vorschriften behandelt werden.

3. Angaben zu den Inhaltsstoffen

Hauptbestandteil: Molybdän ($\geq 99,95\%$)

Verunreinigungen: Kohlenstoff ($< 0,01\%$), Sauerstoff ($< 0,005\%$), Stickstoff ($< 0,003\%$)

Dotierungselemente: Lanthanoxid (La_2O_3 , 0,5-1%)

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

Einatmen: Bringen Sie das Opfer an die frische Luft und suchen Sie bei anhaltenden Symptomen einen Arzt auf.

Hautkontakt: Waschen Sie die exponierte Stelle mit Wasser und Seife, konsultieren Sie einen Arzt, wenn Reizungen auftreten.

Blickkontakt: Mindestens 15 Minuten lang mit viel Wasser spülen und ggf. einen Arzt aufsuchen.

Verschlucken: Gelegentlich, falls auftretend, sofort einen Arzt aufsuchen.

5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung

Feuerlöschmethode: Verwenden Sie einen Feuerlöscher mit trockenem Pulver oder Kohlendioxid, kein Wasser.

Molybdänoxiddampf kann bei hohen Temperaturen freigesetzt werden. Feuerwehrleute müssen Atemschutzausrüstung tragen.

6. Behandlung von Leckagen

Reinigungsmethode: Sammeln Sie den ausgetretenen Molybdänstaub oder die Bruchstücke und geben Sie sie in einen verschlossenen Behälter, um Staub zu vermeiden.

Schutzmaßnahmen: Tragen Sie eine Staubmaske, Handschuhe und eine Schutzbrille.

7. Handhabung und Lagerung

Hinweise zur Bedienung:

In einem gut belüfteten Bereich verwenden, um Staubbildung zu vermeiden.

Vorgänge bei hohen Temperaturen müssen in einem Vakuum oder einer inerten Atmosphäre durchgeführt werden, um eine Oxidation zu verhindern.

Lagerbedingungen:

An einem trockenen, kühlen Ort lagern, Kontakt mit starken Oxidationsmitteln vermeiden.

Verwenden Sie feuchtigkeitsbeständige Verpackungen, um Oberflächenoxidation zu verhindern.

8. Expositionsbegrenzung und persönlicher Schutz

Technische Steuerung: Verwenden Sie eine lokale Absaugung, um Staub und Dampf zu kontrollieren.

Persönliche Schutzausrüstung:

Atemschutz: NIOSH-zertifizierte Staubmaske.

Handschutz: hochtemperaturbeständige Handschuhe.

Augenschutz: Schutzbrille.

Expositionsgrenzwerte: OSHA PEL (Molybdän): 5 mg/m³ (lungengängiger Staub).

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

Schmelzpunkt: 2623°C

Dichte: 10,28 g/cm³

Wärmeleitfähigkeit: 138 W/(m·K)

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Löslichkeit: Unlöslich in Wasser, löslich in Salpetersäure und geschmolzenem Alkali.

10. Stabilität und Reaktivität

Stabilität: Stabil bei Raumtemperatur, leicht oxidierbar bei hohen Temperaturen.

Zu vermeidende Bedingungen: sauerstoffhaltige Atmosphären, starke Oxidationsmittel, offene Flammen mit hohen Temperaturen.

Unverträgliche Materialien: starke Säuren, starke Basen, Oxidationsmittel.

11. Toxikologische Informationen

Akute Toxizität: Geringe Toxizität. Das Einatmen hoher Konzentrationen von Molybdänstaub kann zu leichten Reizungen der Atemwege führen.

Chronische Toxizität: Eine langfristige Exposition kann zu Lungenreizungen führen, und regelmäßige Gesundheitskontrollen sind erforderlich.

Karzinogenität: Von der IARC nicht als krebserregend eingestuft.

12. Ökologische Informationen

Auswirkungen auf die Umwelt: Molybdän ist ein wenig giftiges Metall, aber der Abfall muss ordnungsgemäß behandelt werden, um Wasserverschmutzung zu vermeiden.

Bioakkumulation: Keine signifikante Bioakkumulation.

13. Abfallentsorgung

Entsorgungsmethode: Recyceln Sie gemäß den örtlichen Vorschriften oder beauftragen Sie eine professionelle Organisation mit der Handhabung.

Hinweis: Vermeiden Sie direktes Entleeren, um eine Ausbreitung von Staub zu verhindern.

14. Versandinformationen

Einstufung des Transports: nicht gefährliche Güter.

Verpackungsanforderungen: Verwenden Sie feuchtigkeits- und stoßfeste Verpackungen, um die Transportsicherheit zu gewährleisten.

15. Regulatorische Informationen

Internationale Vorschriften: Konform mit OSHA-, REACH- und RoHS-Anforderungen.

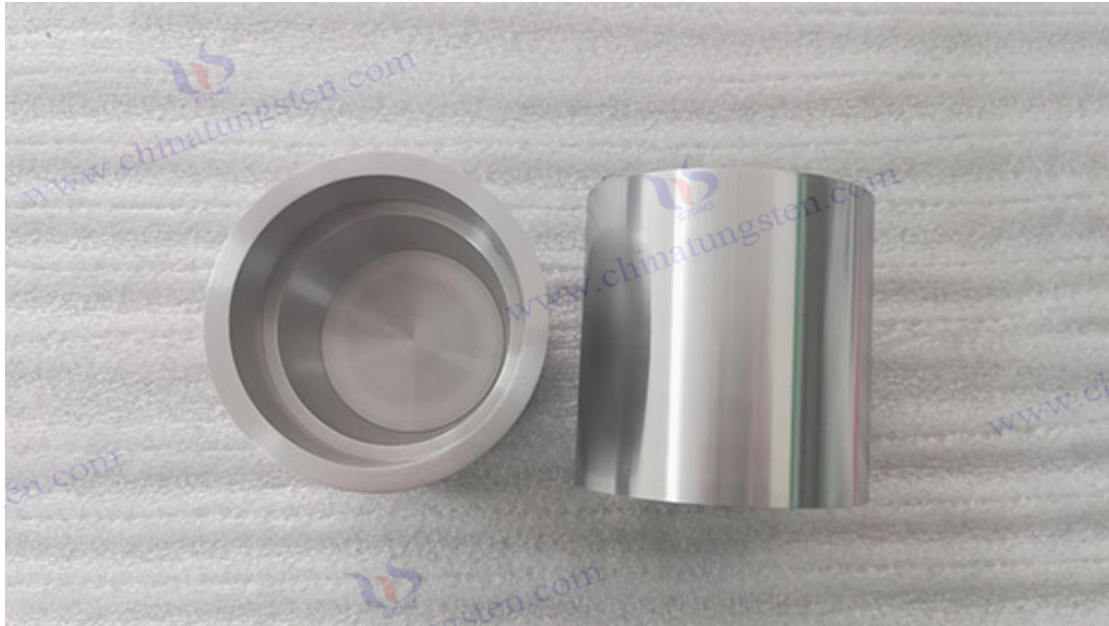
Chinesische Vorschriften: Halten Sie sich an die Vorschriften über das Sicherheitsmanagement gefährlicher Chemikalien.

16. Sonstige Informationen

Lieferant: CTIA GROUP LTD

Telefonnummer: 0592-5129696/5129595

Copyright and Legal Liability Statement



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Kapitel 4 Verwendung des Molybdän-Tiegels

Molybdäntiegel werden aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts (2623 °C), ihrer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit und ihrer hohen Temperaturstabilität in vielen Industrien und wissenschaftlichen Forschungsbereichen eingesetzt. In diesem Kapitel werden die spezifischen Anwendungen von Molybdäntiegeln in der Kristallzüchtung, beim Hochtemperatureschmelzen und -schmelzen, bei der Vakuum- und Hochtemperaturwärmebehandlung, in der wissenschaftlichen Forschung und bei Laboranwendungen sowie in aufstrebenden Bereichen ausführlich erörtert, wobei Prozessdetails, Leistungsanforderungen und globale Industriepraktiken behandelt werden.

4.1 Kristallwachstum

Molybdäntiegel spielen eine Schlüsselrolle auf dem Gebiet der Kristallzüchtung, insbesondere bei der Herstellung von Saphir, Silizium-Einkristallen und anderen kristallinen Materialien. Seine hohe Reinheit ($\geq 99,95\%$), die geringe Abgabe von Verunreinigungen und die hohe Temperaturstabilität sorgen für die hohe Qualität des Kristalls.

4.1.1 Saphirglas (Czochralski-Methode, Wärmeaustauschmethode)

Einkristalle aus Saphir (Al_2O_3) werden aufgrund ihrer hohen Härte (Mohs-Härte 9), ihrer hervorragenden optischen Transparenz und thermischen Stabilität häufig in LED-Substraten, optischen Fenstern, Uhrenspiegeln und Lasern eingesetzt. Molybdäntiegel sind unverzichtbare Behälter für die Züchtung von Saphirkristallen, die hauptsächlich im Czochralski-Verfahren und im Wärmetauscherverfahren (HEM) verwendet werden.

Chais Methode:

Prozessübersicht: Das Czochralski-Verfahren schmilzt hochreines Aluminiumoxid in einem

Copyright and Legal Liability Statement

Molybdäntiegel (ca. 2050 °C) und zieht mit Hilfe eines Impfkristalls langsam einen Einkristall aus der Schmelze. Der Molybdäntiegel muss hohen Temperaturen standhalten und eine gleichmäßige Temperaturverteilung aufrechterhalten, um ein stabiles Kristallwachstum zu gewährleisten.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Hohe Temperaturstabilität: Molybdäntiegel müssen ihre strukturelle Integrität bei 2050 °C aufrechterhalten, um Verformungen oder Risse zu vermeiden.

Hohe Reinheit: Verunreinigungen (wie Kohlenstoff und Eisen) können die Schmelze verunreinigen und die optischen Eigenschaften des Kristalls beeinträchtigen. Die Reinheit von Molybdäntiegeln muss in der Regel $\geq 99,95\%$ betragen.

Wärmeleitfähigkeit: Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdän (138 W/(m·K)) sorgt für eine gleichmäßige Schmelzetemperatur und reduziert Kristalldefekte.

Größe und Ausführung: Das Czochralski-Verfahren erfordert große Molybdäntiegel (200-500 mm Durchmesser, 10-20 mm Wandstärke), die durch Schmieden oder Schweißen hergestellt werden.

Methode des Wärmeaustauschs:

Prozessübersicht: Bei der Wärmeaustauschmethode wird Aluminiumoxid in einem Molybdäntiegel geschmolzen, durch Unterkühlung und Erwärmung von oben ein Temperaturgradient gebildet und das Wachstum von Kristallen von unten nach oben gefördert. Dieses Verfahren eignet sich für die Herstellung von großen Saphirgläsern (Durchmesser > 300 mm).

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Temperaturwechselbeständigkeit: Die Wärmeaustauschmethode ist mit komplexen Temperaturgradienten verbunden, und der Molybdäntiegel muss schnellen thermischen Zyklen standhalten, ohne zu reißen.

Korrosionsbeständigkeit: Molybdäntiegel müssen leichter Korrosion durch geschmolzenes Aluminiumoxid standhalten. Die Dotierung mit Ceroxid (CeO_2) kann die Korrosionsbeständigkeit erhöhen.

Molybdän-Tiegel mit dickeren Wänden (15-30 mm), um mechanischen und thermischen Belastungen standzuhalten.

4.1.2 Silizium-Einkristall (Czochralski-Methode)

Das Kernmaterial der Halbleiter- und Photovoltaikindustrie und wird häufig in der Chipherstellung und bei Solarzellen verwendet. Das Czochralski-Verfahren ist das Hauptverfahren zur Herstellung von Silizium-Einkristallen, und der Molybdäntiegel wird in einigen speziellen Prozessen als Hilfsbehälter oder Hochtemperaturkomponente verwendet.

Überblick über den Prozess:

Das Czochralski-Verfahren verwendet normalerweise einen Quarztiegel zum Schmelzen von hochreinem Silizium ($> 99,9999\%$), aber in einigen Hochtemperatur-Hilfsprozessen (wie der Reinigung von Siliziumbarren oder der speziellen Dotierung) werden Molybdäntiegel verwendet, um Hochtemperatur-Siliziumschmelzen oder verwandte Materialien zu handhaben.

Copyright and Legal Liability Statement

Molybdän-Tiegel werden aufgrund ihrer hohen Temperaturstabilität und Korrosionsbeständigkeit auch für Heißfeldkomponenten von Czochralski-Geräten (wie Hitzeschilde oder Heizstützen) verwendet.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Hohe Reinheit: Die Verunreinigungsfreisetzung des Molybdäntiegels muss extrem gering sein, um eine Kontamination der Silikonschmelze zu vermeiden.

Korrosionsbeständigkeit: Die Siliziumschmelze (ca. 1414 °C) weist auf dem Molybdän-Tiegel eine geringe Korrosion auf, muss jedoch bei langfristiger Verwendung Spurenerosion verhindern.

Thermische Stabilität: Der Molybdäntiegel muss die Leistung bei 1500-1600 °C aufrechterhalten, um sich an die thermische Umgebung der Czochralski-Methode anzupassen.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie werden Molybdän-Tiegel im Dotierungsprozess von speziellen Silizium-Einkristallen eingesetzt, wie z.B. bei der Herstellung von bor- oder phosphordotierten Siliziumkristallen. Die zusätzliche Anwendung seines hochreinen Molybdän-Tiegels bei der Herstellung von Silizium-Einkristallen verbessert die Kristallreinheit und die Produktionseffizienz.

Einschränkungen: Die direkte Verwendung von Molybdäntiegeln im Czochralski-Verfahren ist durch den Kostenvorteil von Quarztiegeln begrenzt, aber in hochreinen oder speziellen Prozessen immer noch unersetzlich.

4.1.3 Sonstige Kristallwerkstoffe

Molybdäntiegel werden auch für die Züchtung anderer kristalliner Materialien verwendet, darunter Galliumarsenid (GaAs), Indiumphosphid (InP), Lithiumtantalat (LiTaO₃) und Quarzkristalle.

Galliumarsenid und Indiumphosphid:

Verwendung: Galliumarsenid und Indiumphosphid sind Hochfrequenz-Halbleitermaterialien, die in der 5G-Kommunikation und optoelektronischen Geräten verwendet werden.

Prozess: Bei der horizontalen Bridgman-Methode oder der vertikalen Gradientenverfestigungsmethode (VGF) werden Molybdäntiegel zum Schmelzen und Kristallwachstum verwendet und müssen bei 1200-1400 °C betrieben werden.

Anforderungen: Molybdän-Tiegel müssen der Korrosion durch Arsen- oder Phosphordämpfe widerstehen und sind in der Regel mit einer Oberflächenbeschichtung (z. B. MoSi₂) beschichtet, um die Haltbarkeit zu erhöhen.

Lithiumtantalat und Quarzkristall:

Anwendung: Lithiumtantalat wird in akustischen Oberflächenwellengeräten verwendet, und Quarzkristalle werden in Oszillatoren und Sensoren verwendet.

Prozess: Der Molybdäntiegel wird als Behälter im Czochralski-Prozess oder Schmelzprozess verwendet, und die Betriebstemperatur beträgt normalerweise 1200-1600 °C.

Anforderungen: Molybdän-Tiegel müssen ein stabiles thermisches Feld und eine Umgebung mit geringer Verunreinigung bieten, um die optischen und elektrischen Eigenschaften des Kristalls zu

Copyright and Legal Liability Statement

gewährleisten.

4.2 Hochtemperaturschmelzen und Schmelzen

Molybdän-Tiegel werden zur Verarbeitung von Seltenerdmetallen, Nichteisenmetallen, Legierungen und Edelmetallen im Hochtemperaturschmelzen und -schmelzen eingesetzt. Ihre Korrosionsbeständigkeit und hohe Temperaturfestigkeit machen sie zu einer idealen Wahl.

4.2.1 Seltenerdmetalle

Seltenerdmetalle (wie Neodym, Cer und Dysprosium) sind aufgrund ihrer Anwendungen in Magneten, Legierungen und Katalysatoren sehr gefragt. Molybdäntiegel werden zum Schmelzen und Reinigen bei der Verhüttung von Seltenerdmetallen verwendet.

Überblick über den Prozess:

Seltenerdmetalle werden aus Oxiden oder Halogeniden durch Elektrolyse oder Vakuumverhüttung gewonnen, in der Regel bei Betriebstemperaturen von 1500-1700 °C.

Der Molybdäntiegel muss der starken Korrosivität geschmolzener Seltenerdmetalle standhalten und eine hohe Reinheit beibehalten.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

korrosiv bei hohen Temperaturen. Molybdäntiegel müssen dotiert (z. B. CeO_2) oder oberflächenbeschichtet werden, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Hohe Temperaturbeständigkeit: Der Molybdän-Tiegel muss die mechanische Festigkeit bei 1700 °C aufrechterhalten, um Verformungen oder Risse zu vermeiden.

Geringe Verunreinigungen: Die Reinheit des Molybdän-Tiegels ($\geq 99,95\%$) gewährleistet die hohe Reinheit von Seltenerdmetallen ($>99,9\%$).

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von NdFeB-Magneten werden Molybdän-Tiegel verwendet, um hochreines Neodym zu schmelzen, um die hohen Leistungsanforderungen der Magnete zu erfüllen.

4.2.2 Nichteisenmetalle und -legierungen

Molybdän-Tiegel werden häufig beim Schmelzen von Nichteisenmetallen (wie Aluminium, Magnesium, Titan) und Hochtemperaturlegierungen (wie Nickelbasislegierungen und Kobaltbasislegierungen) verwendet.

Überblick über den Prozess:

Nichteisenmetalle und -legierungen werden durch Vakuum-Induktionsschmelzen oder Lichtbogenschmelzen bei Temperaturen von 1200-1800 °C hergestellt.

Molybdäntiegel werden zum Schmelzen von hochreinen Metallen oder Legierungen verwendet, um die Produktqualität und -konsistenz zu gewährleisten.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Korrosionsbeständigkeit: Molybdäntiegel müssen der Korrosion von geschmolzenem Aluminium

Copyright and Legal Liability Statement

oder Magnesium standhalten, und die Dotierung mit Oxiden kann ihre Lebensdauer verlängern.
Thermische Stabilität: Der Molybdäntiegel muss bei hohen Temperaturen seine Form behalten, um eine Verformung durch thermische Belastung zu vermeiden.
Flexibilität in der Größe: Von kleinen Labortiegeln (Fassungsvermögen <1 l) bis hin zu Tiegeln in Industriequalität (Fassungsvermögen >10 l) können Molybdäntiegel je nach Bedarf angepasst werden.

Nutzanwendung:

In der Luft- und Raumfahrtindustrie werden Molybdän-Tiegel zum Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen auf Nickelbasis zur Herstellung von Turbinenschaufeln und Triebwerkskomponenten verwendet.

4.2.3 Reinigung von Edelmetallen

Molybdäntiegel werden zum Hochtemperaturschmelzen und zur Raffination bei der Reinigung und Rückgewinnung von Edelmetallen (wie Gold, Silber, Platin und Palladium) verwendet.

Überblick über den Prozess:

Edelmetalle werden durch Vakuumschmelzen oder chemische Raffination bei Temperaturen von 1000-2000 °C gereinigt.

Molybdäntiegel werden als Schmelzbehälter verwendet, um eine hohe Reinheit (>99,99 %) und einen geringen Gehalt an Verunreinigungen von Edelmetallen zu gewährleisten.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Chemische Inertheit: Molybdäntiegel müssen eine Reaktion mit geschmolzenen Edelmetallen vermeiden, um eine Kontamination zu vermeiden.

Hohe Reinheit: Die geringe Freisetzung von Molybdäntiegeln (wie Kohlenstoff <0,01%) sichert die Qualität von Edelmetallen.

Oxidationsbeständigkeit: In einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre müssen Molybdäntiegel durch eine Schutzatmosphäre oder Beschichtung vor Oxidation geschützt werden.

Nutzanwendung:

In der Schmuck- und Elektronikindustrie werden Molybdäntiegel verwendet, um hochreines Platin zu reinigen, um die Anforderungen der Präzisionsfertigung zu erfüllen.

4.3 Vakuum- und Hochtemperatur-Wärmebehandlung

Molybdäntiegel werden zum Materialsintern, Glühen und zur Leistungsoptimierung in Vakuum- und Hochtemperatur-Wärmebehandlungsprozessen verwendet und sind in der Pulvermetallurgie, in der Luft- und Raumfahrt und in der Elektronikindustrie weit verbreitet.

4.3.1 Vakuum-Wärmebehandlungsöfen

Vakuum-Wärmebehandlungsöfen werden eingesetzt, um die mechanischen Eigenschaften von Metallen und Legierungen zu verbessern, und Molybdäntiegel werden als Behälter oder Wärmefeldkomponenten eingesetzt.

Copyright and Legal Liability Statement

Überblick über den Prozess:

Die Vakuum-Wärmebehandlung wird in einer Vakuumumgebung von 10^{-4} - 10^{-6} Pa bei einem Temperaturbereich von 1000-1800°C durchgeführt.

Molybdäntiegel werden zum Transport von zu verarbeitenden Materialien (z. B. Titanlegierungen, Stahl) oder als Komponenten wie Hitzeschilde und Heizstützen verwendet.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Oxidationsbeständigkeit: Die Vakuumumgebung verhindert effektiv die Oxidation von Molybdän und gewährleistet die Lebensdauer des Tiegels.

Hohe Temperaturfestigkeit: Molybdäntiegel müssen mechanischen Belastungen bei hohen Temperaturen standhalten, und die Dotierung mit Oxiden kann ihre Festigkeit erhöhen.

Wärmeleitfähigkeit: Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdän sorgt für ein gleichmäßiges Wärmefeld und optimiert den Wärmebehandlungseffekt.

Nutzanwendung:

In der Luft- und Raumfahrtindustrie werden Molybdäntiegel für die Vakuumwärmebehandlung von Titanlegierungen verwendet, um deren Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

4.3.2 Pulvermetallurgie und Sintern

In der Pulvermetallurgie werden Hochleistungswerkstoffe durch Pressen und Sintern hergestellt, und Molybdäntiegel werden in Hochtemperatur-Sinterprozessen eingesetzt.

Überblick über den Prozess:

Metall- oder Keramikpulver wird in einem Molybdäntiegel bei 1200-1800 °C gesintert, um ein dichtes Material zu bilden.

Molybdäntiegel müssen in einem Vakuum oder einer inerten Atmosphäre betrieben werden, um Oxidation und Kontamination zu verhindern.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Chemische Stabilität: Molybdäntiegel müssen eine Reaktion mit Pulvermaterialien vermeiden, um die Reinheit des Produkts zu erhalten.

Kriechfestigkeit: Für den langfristigen Betrieb bei hohen Temperaturen muss der Molybdäntiegel eine niedrige Kriechrate aufweisen.

Oberflächenqualität: Die polierte Oberfläche ($R_a < 0,8 \mu\text{m}$) reduziert die Pulverhaftung und erleichtert die Reinigung.

Nutzanwendung:

Bei der Hartmetallherstellung werden Molybdäntiegel zum Sintern von Wolframkarbidpulver verwendet, um eine hohe Härte und Verschleißfestigkeit der Schneidwerkzeuge zu gewährleisten.

4.3.3 Hochtemperaturglühen

Das Hochtemperaturglühen wird verwendet, um die innere Spannung von Materialien zu beseitigen und die Kristallstruktur zu verbessern, und der Molybdäntiegel wird als Glühbehälter verwendet.

Copyright and Legal Liability Statement

Überblick über den Prozess:

Die Glühtemperatur beträgt in der Regel 1000-1600°C und wird im Vakuum oder in inerter Atmosphäre durchgeführt.

Molybdän-Tiegel halten Metall-, Legierungs- oder Keramikproben und sorgen für eine gleichmäßige Erwärmung und Abkühlung.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Thermische Stabilität: Der Molybdäntiegel muss bei hohen Temperaturen eine stabile Form beibehalten, um eine Verformung zu vermeiden.

Geringe Wärmeausdehnung: Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdän ($4,8 \times 10^{-6}$ /K) reduziert die thermische Belastung.

Korrosionsbeständigkeit: Molybdäntiegel müssen einer leichten Korrosion durch bestimmte geglühte Materialien (z. B. Nickellegierungen) standhalten.

Nutzanwendung:

In der Edelstahlproduktion werden Molybdäntiegel zum Hochtemperaturglühen verwendet, um die Duktilität und Korrosionsbeständigkeit des Materials zu verbessern.

4.4 Wissenschaftliche Forschung und Laboranwendungen

Molybdäntiegel werden in der wissenschaftlichen Forschung und in Laboratorien für Hochtemperaturexperimente, Materialprüfungen und Spitzenforschung eingesetzt. Ihre hohe Reinheit und Stabilität unterstützen genaue experimentelle Ergebnisse.

4.4.1 Hochtemperatur-Prüfgeräte

Molybdäntiegel werden als Reaktionsgefäße oder Heizkomponenten in Hochtemperatur-Versuchsanlagen (z. B. Rohröfen und Tiegelöfen) verwendet.

Anwendungsszenarien:

Materialsynthese: Molybdäntiegel werden für die Hochtemperatursynthese neuer Legierungen, Keramiken oder Verbundwerkstoffe eingesetzt.

Chemische Reaktionen: Molybdäntiegel unterstützen chemische Hochtemperaturreaktionen wie Oxidreduktion oder Gasphasenabscheidung.

Temperaturbereich: 1000-2000°C, normalerweise im Vakuum oder in inerter Atmosphäre.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Hohe Reinheit: Vermeiden Sie Verunreinigungen, die die Versuchsergebnisse beeinträchtigen.

Kleines Design: Anforderungen an die Laborlizenz: Labor-Molybdän-Tiegel sind in der Regel klein (Fassungsvermögen < 500 ml), um eine einfache Handhabung zu gewährleisten.

Temperaturwechselbeständigkeit: Unterstützt Experimente mit schnellem Temperaturanstieg und -abfall.

Nutzanwendung:

Hochtemperatur-Supraleiter-Materialien (wie YBCO), Molybdän-Tiegel werden zum Sintern von

Copyright and Legal Liability Statement

supraleitenden Keramiken verwendet, um eine Hochtemperaturstabilität zu gewährleisten.

4.4.2 Prüfung der Werkstoffleistung

Molybdän-Tiegel werden verwendet, um Materialeigenschaften bei hohen Temperaturen zu testen, wie z. B. Kriech-, Ermüdungs- und Korrosionsbeständigkeit.

Anwendungsszenarien:

Zeitstandversuch: Es wird eine konstante Spannung von 1700 °C aufgebracht und die Verformung des Materials gemessen.

Korrosionsprüfung: Setzt Materialien geschmolzenen Metallen oder Oxiden aus, um die Korrosionsbeständigkeit zu beurteilen.

Thermische Ermüdungsprüfung: simuliert thermische Zyklen und beobachtet das Risswachstum.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Hohe Temperaturbeständigkeit: unterstützt Langzeittests ohne Ausfall.

Chemisch inert: Vermeidet Reaktionen mit Prüfmaterialien.

Oberflächenqualität: Die polierte Oberfläche reduziert Interferenzen.

Nutzanwendung:

In der Materialprüfung in der Luft- und Raumfahrt werden Molybdäntiegel verwendet, um die Hochtemperatureigenschaften von Nickelbasislegierungen zu bewerten.

4.4.3 Kernmaterial- und Plasmaforschung

Molybdäntiegel werden für Hochtemperaturexperimente und die Materialaufbereitung in der Kernmaterial- und Plasmaforschung eingesetzt.

Anwendungsszenarien:

Nukleares Material: Molybdäntiegel werden verwendet, um die Verträglichkeit von Hochtemperatur-Schmelzsalzreaktormaterialien zu testen.

Plasmaforschung: Der Molybdän-Tiegel wird als Behälter für Plasmageneratoren verwendet, die hohen Temperaturen und starker Strahlung ausgesetzt sind.

Temperaturbereich: 1500-2000°C, extrem hohe Haltbarkeit erforderlich.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Strahlungsbeständigkeit: Molybdäntiegel müssen Schäden durch Neutronen- oder Plasmastrahlung widerstehen.

Hohe Temperaturstabilität: Unterstützt den langfristigen Betrieb bei hohen Temperaturen.

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen Korrosion durch geschmolzene Salze oder Plasma.

Nutzanwendung:

In der Forschung am Internationalen Thermonuklearen Versuchsreaktor (ITER) werden Molybdäntiegel verwendet, um die Leistungsfähigkeit von Hochtemperatur-Plasmamaterialien zu testen.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

4.5 Neue Anwendungen

Molybdän-Tiegel in aufstrebenden Bereichen wie der additiven Fertigung, der Luft- und Raumfahrt und der Kernfusion expandieren rasant, was ihr Potenzial in der High-Tech-Industrie widerspiegelt.

4.5.1 Additive Fertigung

Die additive Fertigung (3D-Druck) wird zur Herstellung komplexer Metallteile eingesetzt, und Molybdäntiegel spielen eine Rolle beim Hochtemperatur-Pulverschmelzen.

Anwendungsszenarien:

Laser- oder Elektronenstrahlschmelzen: Der Molybdäntiegel wird zum Schmelzen von Titanlegierungen, Nickellegierungen und anderen Pulvern bei einer Temperatur von 1500-1800 °C verwendet.

Pulverbettsschmelzen: Molybdäntiegel dienen als Pulverbehälter, um eine hohe Temperaturgleichmäßigkeit zu gewährleisten.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Wärmeleitfähigkeit: unterstützt schnelles Schmelzen und Erstarren.

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen Erosion durch Metallpulver.

Miniaturisierung: Geeignet für kleine 3D-Druckgeräte.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von Luftfahrtteilen werden Molybdäntiegel für den 3D-Druck von Teilen aus Titanlegierungen verwendet, was die Produktionseffizienz verbessert.

4.5.2 Luft- und Raumfahrt

Molybdäntiegel werden in der Luft- und Raumfahrt für die Materialaufbereitung und -prüfung bei hohen Temperaturen eingesetzt.

Anwendungsszenarien:

Hochtemperaturlegierungen: Molybdäntiegel werden zum Schmelzen von Nickel- oder Kobaltlegierungen zur Herstellung von Turbinenschaufeln verwendet.

Verbundwerkstoffe: Molybdän-Tiegel werden zum Sintern von keramischen Matrix-Verbundwerkstoffen (CMC) bei einer Temperatur von 1600-1800 °C verwendet.

Wärmeschutzmaterialien: Molybdän-Tiegel werden verwendet, um die Leistung von Wärmeschutzmaterialien für Raumfahrzeuge zu testen.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Hohe Temperaturfestigkeit: Unterstützt den langfristigen Betrieb bei hohen Temperaturen.

Temperaturwechselbeständigkeit: Hält schnellen Temperaturwechseln stand.

Hohe Reinheit: sorgt für gleichbleibende Materialeigenschaften.

Nutzanwendung:

Boeing verwendet Molybdän-Tiegel zur Herstellung von Hochtemperaturlegierungen, die den

Copyright and Legal Liability Statement

Anforderungen seiner Triebwerke der nächsten Generation entsprechen.

4.5.3 Kernfusionsanlage

Kernfusionsanlagen (wie Tokamaks und Trägheitsfusion) erfordern Hochtemperaturmaterialien, und Molybdäntiegel werden für die Materialvorbereitung und -prüfung verwendet.

Anwendungsszenarien:

Plasmabeschichtetes Material (PFM): Der Molybdäntiegel wird zum Sintern von PFM auf Wolfram- oder Molybdänbasis bei einer Temperatur von 1800-2000 °C verwendet.

Brennstoffbehälter: Molybdän-Tiegel werden zum Schmelzen von Deuterium-Tritium-Brennstoff oder anderen Hochtemperaturmaterialien verwendet.

Hochtemperaturprüfung: Molybdäntiegel werden verwendet, um Schmelzumgebungen zu simulieren und Materialeigenschaften zu testen.

Anforderungen an den Molybdän-Tiegel:

Strahlungsbeständigkeit: Beständig gegen hochenergetische Neutronen und Plasmastrahlung.

Hohe Temperaturstabilität: Unterstützt den Betrieb bei extrem hohen Temperaturen (>2000 °C).

Korrosionsbeständigkeit: Beständig gegen Erosion durch Plasma und geschmolzene Materialien.

Nutzanwendung:

In Chinas EAST-Tokamak-Anlage werden Molybdäntiegel verwendet, um die Haltbarkeit von Materialien im Angesicht von Plasma zu testen.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Kapitel 5 Herstellungsverfahren und Technologie für Molybdäntiegel

Der Molybdäntiegel ist ein komplexes technisches System, das die Reinigung von Rohstoffen, die Pulvermetallurgie, die Präzisionsbearbeitung und die Oberflächenbehandlung integriert. Ziel ist es, hochreine, hochdichte, hochtemperatur- und korrosionsbeständige Tiegel herzustellen, um die Anforderungen von High-End-Anwendungen wie der Saphirkristallzüchtung, der Seltenerdschmelze und der Halbleiterherstellung zu erfüllen. Dieses Kapitel befasst sich umfassend und eingehend mit dem Vorbereitungsprozess von Molybdäntiegeln, umfasst die Auswahl und Zubereitung von Rohstoffen, metallurgische Prozesse, Verarbeitung und Veredelung, Produktionsausrüstung und Automatisierung usw. und bezieht sich auf die technischen Praktiken und die akademische Forschung führender globaler Unternehmen, um detaillierte technische Details und Prozessparameter bereitzustellen.

5.1 Auswahl und Zubereitung der Rohstoffe

Molybdän-Tiegel hängen direkt von der Qualität der Rohstoffe ab, insbesondere von der Reinheit, der Partikelgrößenverteilung und der Mikrostruktur von Molybdänpulver. Die Auswahl und Aufbereitung der Rohstoffe sind die Grundlage für die Gewährleistung der Konsistenz und Zuverlässigkeit der Tiegelleistung.

5.1.1 Reinigung von Molybdänerz

Molybdän wird hauptsächlich aus Molybdänit (MoS_2) gewonnen, und der Reinigungsprozess umfasst Erzdressing, Rösten, chemische Behandlung und Raffination zur Herstellung hochreiner Molybdänverbindungen.

Erzaufbereitung:

Prozessablauf: Molybdänit wird durch Zerkleinerung, Vermahlung und Flotation vom Roherz getrennt. Das Roherz enthält in der Regel 0,1-0,5 % Molybdän, und nach der Flotation erhält man ein Konzentrat mit 50-60 % Molybdän.

Flotationstechnik:

Kollektoren: Xanthate (wie Butylxanthat, Konzentration 0,1-0,5 g/L) erhöht die Hydrophobizität von Molybdänsulfid.

Schaumbildner: Kiefernöl (Konzentration 0,05-0,2 g/L) erzeugt einen stabilen Schaum.

Inhibitor: Natriumsilikat (0,5-2 g/L) hemmt Silikatminerale und verbessert die Molybdänselektivität.

Rückgewinnungsrate: Das hochwertige Flotationsverfahren kann 90-95 % erreichen, und der Molybdängehalt in den Bergen beträgt <0,02 %.

Fortschrittliche Technologie: Hochdruckschleifwalzen (HPGR) können die Schleifeffizienz verbessern und den Energieverbrauch um 20-30 % senken. Durch die mehrstufige Flotation (z. B.

Copyright and Legal Liability Statement

Schruppen-Reinigen-Spülen) werden Verunreinigungen (z. B. Si, Fe, Cu) weiter reduziert.

Rösten:

Prozessablauf: Molybdänkonzentrat wird bei 600-700°C in einem Drehrohrofen oder Mehrherdofen geröstet und MoS₂ wird zu Molybdäntrioxid (MoO₃) oxidiert, die Reaktion ist: $2\text{MoS}_2 + 7\text{O}_2 \rightarrow 2\text{MoO}_3 + 4\text{SO}_2$.

Prozessparameter:

Sauerstoffkonzentration: 20-25%, um eine übermäßige Oxidation und Verflüchtigung von Molybdän zu vermeiden.

Röstzeit: 4-8 Stunden, um einen Schwefelgehalt von <0,1% zu gewährleisten.

Abgasaufbereitung: Die Nassentschwefelung (Ca(OH)₂-Lösung) wird verwendet, um SO₂ zu entfernen und Emissionsnormen (z. B. China GB 28662) zu erfüllen.

Ausrüstung: Drehrohrofen (1-3 m Durchmesser, 10-20 m Länge) mit präzisiertem Temperaturkontrollsystem (±10°C) zur Verbesserung der Rösteffizienz.

Chemische Reinigung:

Ammoniaklösung: MoO₃ reagiert mit wässrigem Ammoniak (Konzentration 10-15 %) zu Ammoniummolybdatlösung, die dann filtriert wird, um unlösliche Verunreinigungen (wie SiO₂ und Fe₂O₃) zu entfernen, die dann kalziniert (500-600 °C) werden, um MoO₃ (Reinheit>99,9 %) zu erzeugen.

Raffination:

Elektronenstrahlschmelzen: MoO₃ bei einem Vakuumgrad <10⁻⁵ Pa und einer Temperatur >3000 °C schmelzen, um flüchtige Verunreinigungen (wie S und P) zu entfernen.

Molybdänmetall mit einer Reinheit von ≥99,95 % wird durch mehrfache Aufreinigung bei lokal hoher Temperatur (>2600 °C) gewonnen.

Umweltschutz und Recycling:

Die Abfallflüssigkeit wird durch Neutralisation und Fällung behandelt, um Ammoniummolybdat zurückzugewinnen (Wiederfindungsrate >80%).

Nach der Entschwefelung und Entstaubung wird das Abgas abgeführt, die SO₂-Konzentration beträgt <50 mg/m³, was der EU-REACH-Verordnung entspricht.

5.1.2 Qualitätsanforderungen an Molybdänpulver

Molybdänpulver ist der Kernrohstoff für die Herstellung von Molybdäntiegeln. Seine Reinheit, Partikelgröße, Morphologie und Fließfähigkeit wirken sich direkt auf die Dichte und Leistung des Tiegels aus.

Reinheit:

Standard: Gewöhnliche Molybdäntiegel erfordern eine Reinheit des Molybdänpulvers ≥ 99,95 %, und High-End-Anwendungen (wie z. B. die Züchtung von Saphirkristallen) erfordern ≥ 99,99 %.

Grenzwerte für Verunreinigungen:

Copyright and Legal Liability Statement

von Molybdänkarbid (Mo_2C) bei hohen Temperature.

Sauerstoff (O): $<0,005\%$, um Sinterdefekte zu vermeiden.

Stickstoff (N): $<0,003\%$, reduziert die Versprödung der Korngrenzen.

Metallverunreinigungen (Fe, Si, Al): $<0,001\%$, um die Reinheit der Schmelze zu gewährleisten.

Nachweismethode:

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS): Detektion von Metallverunreinigungen mit einer Genauigkeit von $<0,1\text{ ppm}$.

Sauerstoff- und Stickstoffanalysator: Misst den O- und N-Gehalt mit einer Genauigkeit von $<0,001\%$.

Kohlenstoff- und Schwefelanalysator: Misst den C- und S-Gehalt mit einer Genauigkeit von $<0,005\%$.

Partikelgröße und Morphologie:

Partikelgrößenbereich: $1\text{--}10\text{ }\mu\text{m}$, durchschnittliche Partikelgröße $3\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$. Die feine Korngröße verbessert die Sinteraktivität, und die gleichmäßige Partikelgrößenverteilung ($D50 / D90 < 2$) sorgt für die Konsistenz der Knüppel.

Morphologie: Nahezu kugelförmige oder polyedrische Partikel, Oberfläche $2\text{--}5\text{ m}^2/\text{g}$, vermeiden stäbchenförmige oder schuppige Partikel (schlechte Fließfähigkeit).

Produktionstechnik:

Plasmazerstäubung: Erzeugt kugelförmiges Molybdänpulver mit einer Fließfähigkeit $<25\text{ s} / 50\text{ g}$.

Sprühtrocknung: Kontrolle der Partikelgrößenverteilung, D50-Abweichung $<0,5\text{ }\mu\text{m}$.

Fließfähigkeit und scheinbare Dichte:

Schütte Dichte: $1,0\text{--}2,5\text{ g/cm}^3$, vorzugsweise über $2,0\text{ g/cm}^3$ zur Verbesserung der Presseffizienz.

Fließfähigkeit: Hall-Durchflussrate $<30\text{ s} / 50\text{ g}$, um eine gleichmäßige Füllung der Form zu gewährleisten.

Prüfverfahren: ASTM B213 (Fließfähigkeitstest), ASTM B212 (Prüfung der scheinbaren Dichte).

Produktionsprozess:

Wasserstoffreduktion: MoO_3 wird in einem Wasserstoffstrom (Reinheit $99,999\%$) bei $900\text{--}1100^\circ\text{C}$ zu Molybdänpulver reduziert. Der Prozess gliedert sich in zwei Phasen:

Niedrige Temperaturreduzierung ($600\text{--}800^\circ\text{C}$): Erzeugung von MoO_2 und Kontrolle des Sauerstoffgehalts.

Hohe Temperaturreduzierung ($900\text{--}1100^\circ\text{C}$): Erzeugt Molybdänpulver und verfeinert die Partikelgröße.

Optimierung der Parameter:

Wasserstoffdurchfluss: $0,5\text{--}2\text{ m}^3/\text{h}$, um eine angemessene Reduzierung zu gewährleisten.

Reduktionszeit: $6\text{--}12$ Stunden, kontrollierte Partikelgröße $<5\text{ }\mu\text{m}$.

5.1.3 Dotieren und Legieren

Dotieren und Legieren verbessern die Hochtemperaturfestigkeit, Kriechfestigkeit und

Copyright and Legal Liability Statement

Korrosionsbeständigkeit von Molybdäntiegel durch Zugabe von Spurenelementen oder Metallen.

Dotierungselemente:

Ceroxid (CeO_2): 0,5-2 Gew.-%, verfeinert Körner ($<30\text{ }\mu\text{m}$) und erhöht die Zugfestigkeit bei $1700\text{ }^\circ\text{C}$ ($>300\text{ MPa}$).

Lanthanoxid (La_2O_3): 0,5-1 Gew.-% verbessert die Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit und verlängert die Lebensdauer.

Yttriumoxid (Y_2O_3): 0,5-1 Gew.-% verbessert die Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Titancarbid (TiC): 0,1-0,5 Gew.-% für verbesserte Härte ($>300\text{ HV}$) und Verschleißfestigkeit.

Dopingmethode:

Trockenmischen: Molybdänpulver und Dotierung werden mit einer Hochenergie-Kugelmühle (200-400 U/min, 2-4 Stunden) gemischt.

Nassmischen: Durch Sprühtrocknung wurden homogene Kompositpulver hergestellt (Eintrittstemperatur $200\text{ }^\circ\text{C}$, Austrittstemperatur $80\text{ }^\circ\text{C}$).

Legierung:

Mo-W-Legierung: enthält 10-30% Wolfram (www.tungsten.com.cn), der Schmelzpunkt wird auf $2800\text{ }^\circ\text{C}$ erhöht, geeignet für Ultrahochtemperaturanwendungen.

Mo-Re-Legierung: enthält 5-25% Rhenium, das die Zähigkeit bei Raumtemperatur und die Hochtemperaturfestigkeit verbessert.

Mo-Zr-Legierung: Enthält 0,5-2 % Zirkonium, erhöht die Korrosionsbeständigkeit und ist für die Verhüttung von Seltenen Erden geeignet.

Legierungsverfahren:

Co-Reduktion: MoO_3 und WO_3 werden in Wasserstoff co-reduziert und die Reduktionstemperatur wird geregelt ($1000\text{--}1200\text{ }^\circ\text{C}$).

Mechanisches Legieren: Bei der Hochenergie-Kugelvermahlung werden Molybdänpulver und Legierungselemente mit einem Kugel-Material-Verhältnis von 10:1 4-8 Stunden lang gemischt.

Leistungsverbesserungen:

-dotierter Molybdäntiegel bei 1700°C wird auf 10^{-6} s reduziert und die Lebensdauer um 50% verlängert.

Der Tiegel aus Mo-W-Legierung behält bei $2000\text{ }^\circ\text{C}$ immer noch eine Zugfestigkeit von $>200\text{ MPa}$ bei.

Erkennung:

Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) in Kombination mit der energiedispersiven Spektroskopie (EDS) bestätigte die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Dotierungselemente.

Die Röntgenbeugung (XRD) wird verwendet, um die Phasenzusammensetzung zu analysieren und sicherzustellen, dass keine Verunreinigungen entstehen.

Copyright and Legal Liability Statement

5.1.4 Prüfung von Rohstoffen

Strenge Rohstofftests stellen sicher, dass die Qualität von Molybdänpulver und Dotierstoffen den Anforderungen für die Herstellung von Tiegeln entspricht.

Analyse der chemischen Zusammensetzung:

ICP-MS: Nachweis von Metallverunreinigungen wie Fe, Si, Al, etc., mit einer Nachweisgrenze von $<0,05$ ppm.

Sauerstoff- und Stickstoffanalysator: Misst den O- und N-Gehalt mit einer Genauigkeit von $<0,001$ %.

Kohlenstoff- und Schwefelanalysator: Misst den C- und S-Gehalt mit einer Genauigkeit von $<0,005$ %.

Test der körperlichen Leistungsfähigkeit:

Laser-Partikelgrößenanalysator: Messen Sie die Partikelgrößenverteilung, Abweichung von D10, D50, D90 $<0,5$ μm .

Hall-Durchflussmesser: Testfliessfähigkeit, Genauigkeit $\pm 0,5$ s.

Scheindichtemessgerät: misst die Schüttdichte mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ g/cm³.

Beobachtung der Mikrostruktur:

REM: Analysieren Sie die Morphologie von Molybdänpulver, Vergrößerung 1000-5000 mal.

Transmissionselektronenmikroskopie (TEM): Beobachten Sie die nanoskalige Partikelstruktur und bestätigen Sie die Abwesenheit von Kristalldefekten.

ARD: Erkennen Sie die Kristallstruktur und bestätigen Sie, dass es sich bei dem Molybdänpulver um eine körperzentrierte kubische Struktur (BCC) handelt.

Normen und Spezifikationen:

Es entspricht ASTM B386 (Molybdän- und Molybdänlegierungsstandard) und GB/T 3462 (China Molybdänum Material Standard).

ISO 17025 zertifizierte Labore sorgen für Prüfsicherheit.

5.2 Metallurgischer Prozess

Der metallurgische Prozess wandelt Molybdänpulver in Knüppel mit hoher Dichte um, um die ursprüngliche Struktur des Molybdäntiegels zu bilden, und umfasst Technologien wie Pressen und Sintern, Schmieden und Walzen, Spinnen und Strecken.

5.2.1 Pressen und Sintern

Molybdän-Tiegelrohlinge werden durch Pulverformen und Hochtemperaturverdichtung hergestellt.

5.2.1.1 Isostatisches Pressen

Überblick über den Prozess:

Beim kaltisostatischen Pressen (CIP) wird eine Hochdruckflüssigkeit (Öl oder Wasser) verwendet, um isotropen Druck auf Molybdänpulver auszuüben und Knüppel mit hoher Dichte herzustellen.

Druck: 100-300 MPa, vorzugsweise 200 MPa.

Copyright and Legal Liability Statement

Haltezeit: 5-10 Minuten, abhängig von der Größe des Rohlings.

Grünkörperdichte: 6,0-7,0 g/cm³ (60-70 % theoretische Dichte), wodurch eine gleichmäßige Struktur für das Sintern entsteht.

Ausrüstung:

Isostatische Presse: Druckbereich 50-400 MPa, ausgestattet mit Hochdruckpumpe (Leistung 50-200 kW).

Form: Flexible Form (z. B. Gummi oder Polyurethan), Druckfestigkeit >300 MPa, Form entsprechend der Tiegelausführung (zylindrisch oder konisch).

Bei der Werkzeugkonstruktion wird die Sinterschrumpfung (15-20%) berücksichtigt, um die endgültige Maßgenauigkeit ($\pm 0,5$ mm) zu gewährleisten.

Prozessoptimierung:

Molybdänpulver-Vorbehandlung: Vakuumentgasung (200-300°C, Vakuumgrad $<10^{-2}$ Pa) zur Entfernung des adsorbierten Gases und zur Reduzierung des Sauerstoffgehalts $<0,005$ %.

Bindemittel: Die Zugabe von Polyvinylalkohol (PVA, 0,5-1 Gew.-%) oder Polyethylenglykol (PEG, 0,3-0,8 Gew.-%) kann die Festigkeit des Rohlings verbessern und muss sich vor dem Sintern (400-600 °C) verflüchtigen.

Formfüllung: Die Vibrationsfüllung (Frequenz 50-100 Hz) sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Molybdänpulvers mit einer Dichteabweichung von <2 %.

Fallbeispiel: Das isostatische Pressverfahren von China Tungsten Online verbessert die Gleichmäßigkeit der Dichte des Knüttels um 15 % durch bidirektionale Vibrationsfüllung.

Qualitätskontrolle:

Ultraschallprüfung: Bestätigen Sie, dass der Rohling keine inneren Risse oder Delaminationen aufweist.

Dichtemessung: Die Auftriebsmethode wird verwendet, um die Dichte des Rohlings mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ g/cm³ zu testen.

5.2.1.2 Sinterofen und Atmosphäre

Sinter-Prozess:

Temperatur: 1800-2200°C, stufenweise Beheizung:

Niedrige Temperatur ($<1200^{\circ}\text{C}$): Entfernen von Feuchtigkeit, Bindemittel und Gas, Heizleistung 5-10°C/min.

Mittlere Temperatur (1200-1600°C): Aktivierung der Partikeloberfläche, Halsbildung, Heizrate 3-5°C/min.

Hohe Temperatur (1600-2200°C): Kornwachstum, Verdichtung und Wärmeerhaltung für 4-8 Stunden.

Enddichte: 9,8-10,2 g/cm³ (>95 % theoretische Dichte), Porosität <1 %.

Schrumpungsrate: 15-20%, Maßabweichung ($\pm 0,2$ mm) muss durch Werkzeugdesign und Prozessoptimierung kontrolliert werden.

Copyright and Legal Liability Statement

Sinter-Atmosphäre:

Vakuum-Sintern:

Vakuumgrad: $<10^{-3}$ Pa, vorzugsweise $<10^{-4}$ Pa.

Vorteile: Verhindern Sie Oxidation, reduzieren Sie Verunreinigungen, geeignet für hochreine Tiegel.

Ausstattung: Ausgestattet mit einem Kondensator zum Auffangen flüchtiger Verunreinigungen (z. B. S, P).

Wasserstoff-Sintern:

Reinheit des Wasserstoffs: 99,999%, Durchflussmenge 0,5-2 m³/h.

Vorteile: Reduziert Spurenoxide, der Sauerstoffgehalt sinkt auf $<0,003\%$.

Hinweis: Der Kohlenstoffgehalt im Ofen muss auf $<0,01\%$ geregelt werden, um eine Verkokung zu vermeiden.

Atmosphärenüberwachung: Verwenden Sie ein Massenspektrometer, um den O₂-, N₂- und CO-Gehalt in Echtzeit zu ermitteln und so <10 ppm zu gewährleisten.

Ausrüstung:

Vakuum-Sinterofen:

Heizelement: Molybdän- oder Wolframdraht, Leistung 100-500 kW.

Ofen: Molybdän- oder Wolframausgekleidet, Größe 0,5-2 m Durchmesser.

Genauigkeit der Temperaturregelung: $\pm 5^{\circ}\text{C}$, ausgestattet mit Infrarot-Thermometer.

Wasserstoff-Sinterofen:

Ausgestattet mit einem Gasreinigungssystem (Molekularsieb + Palladiumkatalysator), Wasserstofftaupunkt $<-70^{\circ}\text{C}$.

Sicherheitssystem: explosionsgeschütztes Ventil und Wasserstoff-Leckdetektor.

Qualitätskontrolle:

Dichtetest: Die Archimedes-Methode wird verwendet, um die Dichte von gesinterten Rohlingen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ g/cm³ zu messen.

Mikrostrukturanalyse: REM-Betrachtung der Korngröße (20-50 μm) und der Porenverteilung.

Zerstörungsfreie Prüfung: Die Röntgenprüfung bestätigt, dass keine inneren Risse oder Einschlüsse vorhanden sind.

5.2.2 Schmieden und Walzen

Beim Schmieden und Walzen werden Poren beseitigt, Körner verfeinert und die Knüppeldichte und die mechanischen Eigenschaften durch plastische Hochtemperaturverformung verbessert.

5.2.2.1 Warmschmieden und Kaltschmieden

Warmschmieden:

Temperatur: 1200-1600°C, vorzugsweise 1400°C, durchgeführt in Wasserstoff- (99,999%) oder Argonatmosphäre.

Prozess:

Copyright and Legal Liability Statement

Ausrüstung: hydraulische Schmiedemaschine (Druck 1000-5000 Tonnen) oder Hammerschmiedemaschine (Frequenz 50-100 mal/min).

Verformung: 10-20% pro Durchgang, Gesamtverformung 30-50%.

Form: Molybdän oder Hochtemperaturlegierung, Oberfläche mit MoS₂ (www.tungsten-disulfide.com) Schmiermittel beschichtet.

Vorteile:

Die Dichte stieg auf >99,5 % theoretische Dichte.

Die Korngröße wird auf <50 µm veredelt und die Zugfestigkeit beträgt >800 MPa.

Induzieren einer Textur (z. B. <110>Ausrichtung) zur Verbesserung der Temperaturwechselbeständigkeit.

Anmerkung:

Steuern Sie die Schmiedegeschwindigkeit (<0,1 m/s), um Risse zu vermeiden.

Quartier

Kaltschmieden:

Temperatur: Raumtemperatur oder <400 °C, wird zum Präzisionsschmieden von kleinen Tiegeln oder dünnwandigen Teilen verwendet.

Prozess:

Ausrüstung: Hochpräzise Schmiedemaschine (Druck 500-2000 Tonnen).

Verformung: <10 %, <2 % pro Durchgang.

Einschränkungen: Molybdän ist bei Raumtemperatur spröde und erfordert eine kontrollierte Dehnungsrate (<0,01 s⁻¹), um Risse zu vermeiden.

Anwendung: Herstellung von kleinen Tiegeln mit einer Wandstärke <2 mm und einer Oberflächenrauheit Ra<0,8 µm.

Qualitätskontrolle:

Ultraschallprüfung: Bestätigen Sie, dass keine inneren Risse oder Delaminationen vorhanden sind.

Härteprüfung: Vickers-Härte (HV) 200-300, die die verfahrensverstärkende Wirkung bestätigt.

5.2.2.2 Walzverfahren

Überblick über den Prozess:

Beim Walzen werden gesinterte oder geschmiedete Knüppel zu Molybdänblechen oder -folien zum Schweißen oder Spinnen von Tiegeln verarbeitet.

Ausrüstung: Vierwalzen- oder Mehrwalzenwalzwerk, Walzenoberflächenmaterial ist Keramik oder Wolframlegierung, Verschleißfestigkeit > 1000 Stunden.

Warmgewalzt:

Temperatur: 1000-1400 °C, vorzugsweise 1200 °C, in Wasserstoff- oder Vakuumumgebung.

Prozessparameter:

Verformung pro Durchgang: 10-20%, Gesamtverformung >80%.

Walzgeschwindigkeit: 0,5-1 m/s, Walzenflächenpressung 100-500 MPa.

Copyright and Legal Liability Statement

Schmiermittel: Graphit- oder MoS₂-Beschichtung, Reibungskoeffizient <0,1.

Vorteile:

Die Dichte liegt nahe am theoretischen Wert (>99,8%).

Umformung <110> Textur, Zugfestigkeit>900 MPa.

Anmerkung:

Zwischenglühen (800-1000°C, 1-2 Stunden) zum Stressabbau.

Kontrollieren Sie die Oberflächentemperatur der Walze (<200 °C), um Anhaftungen zu vermeiden.

Kaltwalzen:

Temperatur: Raumtemperatur oder <200°C, wird zur Herstellung dünner Molybdänplatten (Dicke 0,1-1 mm) verwendet.

Prozessparameter:

Verformung pro Durchgang: 5-10%, Gesamtverformung <50%.

Walzgeschwindigkeit: 1-2 m/s, Oberflächenrauheit Ra<0,8 µm.

Anmerkung:

Mehrfaches Glühen (600-800 °C, 30 Minuten) ist erforderlich, um die Kaltverfestigung zu vermeiden.

Die Oberflächenreinigung entfernt Schmiermittelmittelrückstände.

Qualitätskontrolle:

Oberflächeninspektion: Messung der Rauheit mit dem Lasermikroskop, Ra<0,5 µm.

Dickenmessung: Ultraschall-Dickenmessgerät, Genauigkeit ±0,01 mm.

Texturanalyse: Die Elektronenrückstreubeugung (EBSD) bestätigt die Kornorientierung.

5.2.3 Drehen und Strecken

Durch das Spinn- und Streckformen werden dünnwandige oder komplex geformte Molybdäntiegel durch plastische Verformung hergestellt, die sich für die Massenproduktion von kleinen und mittelgroßen Tiegeln eignen.

5.2.3.1 Spinnwerkzeug

Überblick über den Prozess:

Beim Spinnen wird eine Molybdänplatte gedreht und lokaler Druck ausgeübt, um den Tiegel bei einer Temperatur von 800-1200 °C zu formen.

Ausstattung: CNC-Spinnmaschine, Leistung 50-200 kW, Drehzahl 100-600 U/min.

Schimmel:

Material: Hochtemperaturlegierung (z. B. Inconel) oder Keramik (SiC), Lebensdauer >1000 mal.

Ausführung: Eckenradius > 2 mm zur Vermeidung von Spannungskonzentration; Wandstärke 1-5 mm, Maßtoleranz ±0,1 mm.

Oberflächenbehandlung: Beschichtung mit MoS₂ oder ZrO₂ zur Verringerung der Reibung.

Prozessparameter:

Copyright and Legal Liability Statement

Vorschub: 0,5-2 mm/s, vorzugsweise 1 mm/s.

Druck: 10-50 kN, angepasst an die Wandstärke.

Schmiermittel: Graphitsuspension oder MoS₂-Beschichtung, Reibungskoeffizient < 0,1.

Heizmethode: Induktionserwärmung oder Flammenerwärmung, Genauigkeit der Temperaturregelung ±10°C.

Vorteile:

Gleichmäßigkeit der Wanddicke ±0,1 mm, Oberflächenrauheit Ra<0,8 µm.

Hohe Produktionseffizienz, Formzeit <10 Minuten für ein einzelnes Stück.

Qualitätskontrolle:

Laser-Entfernungsmesser: Echtzeitüberwachung der Wandstärke, Genauigkeit ±0,05 mm.

Oberflächeninspektion: Das optische Mikroskop bestätigt keine Kratzer oder Risse.

5.2.3.2 Dehnungstemperatur und Schmierung

Prozess des Dehnens:

Die Molybdänplatte wird bei einer Temperatur von 600 bis 1000 °C, vorzugsweise 800 °C, durch eine Matrize in eine Tiegelform gestreckt.

Ausrüstung: Hydraulische Reckmaschine, Druck 100-500 Tonnen.

Prozessparameter:

Zuggeschwindigkeit: 0,1-0,5 mm/s, Verformung <30%.

Radius der Werkzeugecke: >3 mm, um die Spannungskonzentration zu reduzieren.

Form: Hochtemperaturlegierung oder Keramik, Oberfläche poliert auf Ra<0,5 µm.

Schmierend:

Schmiermittel: Graphitsuspension (Konzentration 5-10%) oder MoS₂-Pulver, Schichtdicke 10-50 µm.

Anwendungsmethode: Spray oder Pinsel, Reibungskoeffizient <0,1.

Reinigung: Verwenden Sie nach dem Dehnen eine Ultraschallreinigung (40 kHz), um Schmiermittel zu entfernen und Verunreinigungen zu vermeiden.

Qualitätskontrolle:

Wanddickenmessung: Ultraschall-Dickenmessgerät, Genauigkeit ±0,01 mm.

Oberflächeninspektion: Das REM analysiert Oberflächenfehler und bestätigt, dass keine Mikrorisse vorhanden sind.

5.3 Verarbeitung und Veredelung

Bearbeitungs- und Endbearbeitungsprozesse gewährleisten die Maßhaltigkeit, Oberflächenqualität und Hochtemperaturbeständigkeit von Molybdäntiegeln, einschließlich Drehen, Fräsen, Schweißen, Oberflächenbehandlung und Wärmebehandlung.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

5.3.1 Drehen und Fräsen

Durch Drehen und Fräsen werden die Innen- und Außenflächen von Molybdäntiegeln bearbeitet, um hohe Anforderungen an Präzision und hohe Oberflächenqualität zu erfüllen.

5.3.1.1 CNC-Bearbeitung

Überblick über den Prozess:

CNC-Drehmaschine: für die Bearbeitung von inneren und äußeren zylindrischen Oberflächen, geeignet für Tiegel mit einem Durchmesser von 50-500 mm.

CNC-Fräsmaschinen: für die Bearbeitung komplexer Geometrien wie Tiegelböden oder Flansche.

Messer:

Hartmetall (WC-Co): Härte >90 HRA, geeignet für die Schruppbearbeitung.

Diamantbeschichtete Werkzeuge: Härte >5000 HV, geeignet für die Endbearbeitung.

Schnittdaten:

Schruppen: Schnittgeschwindigkeit 20-30 m/min, Vorschub 0,1-0,2 mm/r, Schnitttiefe 0,5-2 mm.

Schlichten: Schnittgeschwindigkeit 40-50 m/min, Vorschub 0,05-0,1 mm/r, Schnitttiefe 0,1-0,5 mm.

Kühlung und Schmierung:

Trockenschneiden: Vermeiden Sie flüssige Verunreinigungen, geeignet für hochreine Tiegel.

Minimalschmierung (MMS): Verwenden Sie Druckluft + Spurenölnebel (<0,1 mL/min), um den Werkzeugverschleiß zu reduzieren.

Standzeit: Hartmetallwerkzeuge >100 Minuten, Diamantwerkzeuge >500 Minuten.

Ausrüstung:

Fünfachsig CNC-Drehmaschine: Bearbeitungsgenauigkeit $\pm 0,005$ mm, ausgestattet mit Laser-Werkzeugeinstellsystem.

Bearbeitungszentrum: integrierte Dreh- und Fräsverbundfunktionen, geeignet für Tiegel mit komplexen Formen.

Qualitätskontrolle:

Koordinatenmessgerät (KMG): misst Maßtoleranzen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,002$ mm.

Laserscanner: Rundheit und Koaxialität prüfen, Abweichung < 0,01 mm.

5.3.1.2 Präzision und Rauheit

Anforderungen an die Genauigkeit:

Durchmessertoleranz: großer Tiegel $\pm 0,05$ mm, kleiner Tiegel $\pm 0,01$ mm.

Gleichmäßigkeit der Wandstärke: $\pm 0,1$ mm, um ein gleichmäßiges Wärmefeld zu gewährleisten.

Rundheit: <0,02 mm, um eine Konzentration der thermischen Spannung zu verhindern.

Koaxialität: <0,01 mm, erfüllt die Anforderungen des Kristallwachstums.

Oberflächenrauheit:

Innenfläche: $R_a < 0,8$ μ m, reduziert die Schmelzhaftung.

Äußere Oberfläche: $R_a < 1,6$ μ m, wodurch das Risiko von Rissen verringert wird.

Copyright and Legal Liability Statement

Nachweismethode:

Prüfgerät für die Oberflächenrauheit: Genauigkeit $\pm 0,01 \mu\text{m}$.

Lasermikroskop: 3D-Morphologieanalyse, 1000-fache Vergrößerung.

5.3.2 Schweißtechnik

Das Schweißen wird verwendet, um große oder komplex geformte Molybdäntiegel herzustellen, und die Schweißnahtfestigkeit, die Dichtung und die Hochtemperaturleistung müssen sichergestellt werden.

5.3.2.1 Elektronenstrahlschweißen

Überblick über den Prozess:

Das Elektronenstrahlschweißen (EBW) wird in einer Vakuumkammer mit einem Vakuumgrad von $<10^{-4} \text{ Pa}$ durchgeführt, wobei ein hochenergetischer Elektronenstrahl (Energie 10^{-15} J) zum Schmelzen des Molybdänblechs verwendet wird.

Schweißparameter:

Spannung: 60-100 kV, vorzugsweise 80 kV.

Strom: 50-200 mA, angepasst an die Plattendicke.

Schweißgeschwindigkeit: 0,5-2 m/min, vorzugsweise 1 m/min.

Schweißnahttiefe: 5-10 mm, geeignet für Tiegel mit einer Wandstärke von 3-8 mm.

Vorteile:

Die Schweißnaht ist rein, frei von Sauerstoffverunreinigungen und der Sauerstoffgehalt beträgt $<0,002 \%$.

Die Wärmeeinflusszone (WEZ) beträgt $<0,5 \text{ mm}$ und der Kornwuchs $<10 \mu\text{m}$.

Die Schweißnahtfestigkeit erreicht 90-95% des Grundmaterials.

Prozessoptimierung:

Oberflächenvorbehandlung: Beizen (10%ige HNO_3 -Lösung) + Ultraschallreinigung (40 kHz) zur Entfernung von Oxiden, Oberflächenrauheit $\text{Ra} < 0,5 \mu\text{m}$.

Positioniergenauigkeit: Laser-Ausrichtsystem, Abweichung $<0,05 \text{ mm}$.

Nachbearbeitung: Polieren der Schweißnaht ($\text{Ra} < 0,8 \mu\text{m}$), um die Spannungskonzentration zu eliminieren.

Qualitätskontrolle:

Röntgenfehlererkennung: Erkennen Sie Poren und Risse mit einer Fehlergröße von weniger als 0,1 mm.

Zugversuch: Zugfestigkeit der Schweißnaht $>600 \text{ MPa}$.

Lecksuche des Helium-Massenspektrometers: Bestätigen Sie die Dichtheit, die Leckrate beträgt $<10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$.

5.3.2.2 Laserschweißen und -löten

Laserschweißen:

Ausstattung: Faserlaser (Leistung 2-5 kW) oder Nd:YAG-Laser (Pulsenergie 0,1-1 J).

Copyright and Legal Liability Statement

Prozessparameter:

Impulsbreite: 0,5-2 ms, Frequenz 10-50 Hz.

Schweißgeschwindigkeit: 1-3 m/min, Schweißbreite 0,5-2 mm.

Schutzgas: Argon (99,999%), Durchfluss 10-20 L/min.

Vorteile:

Hohe Präzision, geeignet für Tiegel mit einer Wandstärke < 2 mm.

Wärmeeinflusszone < 0,3 mm, wodurch das Kornwachstum reduziert wird.

Anmerkung:

Die Oberfläche wird auf $Ra < 0,5 \mu m$ gereinigt, um Öl, Schmutz und Oxide zu entfernen.

Die Steuerung des Laserfokus (Abweichung < 0,1 mm) sorgt für eine gleichmäßige Schweißnaht.

Hartlöten:

Lot: Lot auf Silberbasis (Ag-Cu, Schmelzpunkt 780-850 °C) oder Lot auf Molybdänbasis (Mo-Ni, Schmelzpunkt 1200 °C).

Prozessparameter:

Löttemperatur: 800-1200°C, Haltezeit 5-10 Minuten.

Atmosphäre: Vakuum ($< 10^{-3}$ Pa) oder Wasserstoff (99,999%).

Vorteile: Geeignet für Tiegel mit komplexen Formen, Fugenfestigkeit > 400 MPa.

Hinweis: Das Lot muss gleichmäßig aufgetragen werden (Dicke 0,1-0,3 mm), um ein übermäßiges Eindringen zu vermeiden.

Qualitätskontrolle:

Ultraschallprüfung: Bestätigen Sie, dass die Schweißnaht keine Porosität oder fehlende Verschmelzung aufweist.

Mikrohärteprüfung: Schweißnaht Härte 200-250 HV.

REM-Analyse: Beobachten Sie die Schweißnahtgefüge, Korngröße < 20 μm .

5.3.3 Oberflächenbehandlung

Die Oberflächenbehandlung verbessert die Oxidationsbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Oberflächenqualität von Molybdäntiegeln und verlängert deren Lebensdauer.

5.3.3.1 Reinigen und Polieren

Reinigung:

Ultraschall-Reinigung:

Frequenz: 40-80 kHz, Leistung 1-5 kW.

Reinigungslösung: entionisiertes Wasser + neutrales Reinigungsmittel (pH 6-8), Temperatur 50-70°C.

Zeit: 10-20 Minuten, je nach Verschmutzungsgrad.

Beizen:

Copyright and Legal Liability Statement

Lösung: 10% HNO₃ oder 5 % HCl, 5-10 Minuten einweichen.

Nachbehandlung: Spülung mit deionisiertem Wasser + Vakuumtrocknung (100°C, <10⁻² Pa).

Qualitätskontrolle:

Oberflächenanalyse: Die Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) bestätigte die Abwesenheit von Restoxiden.

Sauberkeitsprüfung: Partikelzähler, Partikel <100 Partikel/cm² (>0,5 µm).

Polieren:

Mechanisches Polieren:

Schleifmittel: Aluminiumoxid (Partikelgröße 0,5-5 µm) oder Diamantsuspension (Partikelgröße 0,1-1 µm).

Ausstattung: Automatische Poliermaschine, Drehzahl 500-1000 U/min, Druck 10-50 kPa.

Oberflächenrauheit: Ra <0,5 µm, bevorzugt <0,3 µm.

Elektrochemisches Polieren:

Elektrolyt: Phosphorsäure (50%) + Schwefelsäure (30%) + Wasser, Temperatur 40-60°C.

Stromdichte: 0,5-2 A/cm², Zeit 5-15 Minuten.

Vorteile: Entfernen Sie mikroskopisch kleine Defekte und verbessern Sie die Korrosionsbeständigkeit.

Qualitätskontrolle:

Oberflächenrauheitsmessgerät: Messen Sie Ra, Genauigkeit ±0,01 µm.

Lasermikroskop: Analysieren Sie die Oberflächenmorphologie und bestätigen Sie, dass keine Kratzer vorhanden sind.

5.3.3.2 Antioxidative Beschichtung

Art der Beschichtung:

Molybdänsilizid (MoSi₂):

Dicke: 50-200 µm, Haftfestigkeit >50 MPa.

Bei 1700 °C bildet sich eine SiO₂-Schutzschicht, und die Antioxidationslebensdauer beträgt >1000 Stunden.

Zirkonoxid (ZrO₂):

Dicke: 100-300 µm, thermisches Reflexionsvermögen >80%.

Verbessert die Oxidationsbeständigkeit und den thermischen Wirkungsgrad, geeignet für das Kristallwachstum.

Aluminiumoxid (Al₂O₃) :

Dicke: 50-150 µm, ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit, geeignet für die Verhüttung von Seltenen Erden.

Beschichtungsverfahren:

Copyright and Legal Liability Statement

Chemische Gasphasenabscheidung (CVD):

Temperatur: 1000-1200°C, Atmosphäre: $\text{SiCl}_4 + \text{H}_2$.

Abscheiderate: 0,5-2 $\mu\text{m/h}$, Gleichmäßigkeit der Beschichtung $\pm 5 \mu\text{m}$.

Plasmaspritzen:

Leistung: 30-100 kW, Sprühgeschwindigkeit 100-400 m/s.

Gas: $\text{Ar} + \text{H}_2$, Durchflussmenge 50-100 L/min.

Porosität der Beschichtung: <2%, Haftfestigkeit > 60 MPa.

Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD):

Temperatur: 400-600°C, Vakuumgrad $< 10^{-3} \text{ Pa}$.

Abscheiderate: 0,1-0,5 $\mu\text{m/min}$, geeignet für dünne Beschichtungen ($< 50 \mu\text{m}$).

Qualitätskontrolle:

Schichtdicke: Ultraschall-Dickenmessgerät, Genauigkeit $\pm 1 \mu\text{m}$.

Haftfestigkeit: Zugversuch gemäß der Norm ASTM C633.

Mikrostruktur: REM+EDS-Analyse der Schichtzusammensetzung und Grenzfläche.

5.3.4 Wärmebehandlung und Glühen

Wärmebehandlung und Glühen werden eingesetzt, um die Kornstruktur zu kontrollieren, Verarbeitungsspannungen abzubauen und die Hochtemperatureigenschaften zu verbessern.

5.3.4.1 Getreide-Kontrolle

Überblick über den Prozess:

Temperatur: 1200-1600°C, vorzugsweise 1400°C.

Isolierzeit: 1-4 Stunden, abhängig von der Größe des Tiegels.

Atmosphäre: Wasserstoff (99,999%) oder Vakuum ($< 10^{-3} \text{ Pa}$).

Ziel: Korngröße 20-50 μm , optimierte Festigkeit und Kriechfestigkeit.

Prozessoptimierung:

Heizrate: 5-10 °C / min, thermische Belastung vermeiden.

Abkühlgeschwindigkeit: $> 50^\circ\text{C/min}$, Hemmung des Getreidewachstums.

Dotierung: CeO_2 oder La_2O_3 stiftet Korngrenzen, Korngrößenabweichung $< 10 \mu\text{m}$.

Qualitätskontrolle:

Optisches Mikroskop: Messung der Korngröße mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$.

BETTEN: Analysieren Sie die Kornorientierung und bestätigen Sie, dass das Texturverhältnis von $\langle 110 \rangle > 60 \%$ beträgt.

5.3.4.2 Stressabbau

Überblick über den Prozess:

Temperatur: 800-1000°C, vorzugsweise 900°C.

Isolationszeit: 2-6 Stunden, je nach Wandstärke.

Copyright and Legal Liability Statement

Atmosphäre: Vakuum ($<10^{-3}$ Pa) oder Argon (99,999%).

Ziel: Eigenspannung <50 MPa, Verringerung des Rissrisikos.

Prozessoptimierung:

Langsames Abkühlen (<5 °C/min) auf 500 °C, um Sekundärbelastungen zu vermeiden.

Mehrstufiges Glühen: 800 °C (2 Stunden) + 600 °C (1 Stunde) zur Optimierung der Spannungsverteilung.

Qualitätskontrolle:

Röntgenspannungsanalysator: Misst Eigenspannungen mit einer Genauigkeit von ± 5 MPa.

Ultraschallprüfung: Vergewissern Sie sich, dass keine inneren Risse vorhanden sind und die Fehlergröße $<0,1$ mm beträgt.

5.4 Produktionsanlagen und Automatisierung

Fortschrittliche Produktionsanlagen und Automatisierungstechnik verbessern die Fertigungseffizienz, die Qualitätskonsistenz und die Produktionssicherheit von Molybdäntiegeln.

5.4.1 Schlüsselausstattung

5.4.1.1 Vakuum-Sinterofen

Spezifikation:

Maximale Temperatur: 2300 °C, Genauigkeit der Temperaturregelung ± 5 °C.

Vakuumgrad: $<10^{-4}$ Pa, ausgestattet mit Molekularpumpe und mechanischer Pumpe.

Leistung: 100 - 500 kW, Ofengröße $0,5$ - 2 m Durchmesser.

Heizelement: Molybdän- oder Wolframdraht, Lebensdauer >5000 Stunden.

Funktion:

Mehrstufige Temperaturregelung: Unterstützt das Sintern bei niedrigen Temperaturen (<1200 °C), bei mittleren Temperaturen (1200 - 1600 °C) und bei hohen Temperaturen (1600 - 2200 °C).

Atmosphärenkontrolle: integriertes Massenspektrometer, O_2 -Gehalt <10 ppm.

Datenprotokollierung: Echtzeitüberwachung von Temperatur, Druck und Gasdurchfluss.

Sicherheitssystem:

Übertemperaturschutz: automatische Abschaltung, Schwellenwert 2350 °C.

Vakuum-Lecksuche: Alarmschwelle $>10^{-3}$ Pa.

5.4.1.2 Spinnmaschinen und Drehmaschinen

Spinnmaschine:

Leistung: 50 - 200 kW, Drehzahl 100 - 600 U/min.

Steuerung: CNC, Bearbeitungsgenauigkeit $\pm 0,05$ mm.

Form: Hochtemperaturlegierung oder Keramik, verschleißfeste Lebensdauer >1000 mal.

Funktion: Unterstützt das Formen von dünnwandigen Tiegeln (Wandstärke 1 - 5 mm) und die Formzeit beträgt <10 Minuten.

Copyright and Legal Liability Statement

CNC-Drehmaschine:

Typ: Fünfschsiges Gestänge, Bearbeitungsdurchmesser 0,1-1 m.

Werkzeug: Diamantbeschichtung, Schnittgeschwindigkeit 30-60 m/min.

Präzision: Maßtoleranz $\pm 0,005$ mm, Rundheit $< 0,01$ mm.

Funktion: Unterstützung der inneren und äußeren Oberflächenveredelung, Oberflächenrauheit $Ra < 0,5$ μm .

5.4.1.3 Anlagen zur Oberflächenbehandlung

Ultraschall-Reinigungsmaschine:

Frequenz: 40-80 kHz, Leistung 1-5 kW.

Reinigungstank: Ausführung mit mehreren Tanks (Reinigen, Spülen, Trocknen), Fassungsvermögen 50-200 L.

Funktion: Entfernen von Oxiden, Öl und Partikeln, Sauberkeit < 100 Partikel/cm².

Anlagen zum Plasmaspritzen:

Leistung: 30-100 kW, Sprühgeschwindigkeit 100-400 m/s.

Gas: Ar+H₂, Durchflussmenge 50-100 L/min.

Roboterarm: Sechs-Achsen-Gestänge, Gleichmäßigkeit der Schichtdicke ± 5 μm .

Funktion: Herstellung von MoSi₂- und ZrO₂-Beschichtungen mit einer Haftfestigkeit von > 60 MPa.

Elektrochemische Polieranlagen:

Elektrolyt: Phosphorsäure + Schwefelsäure, Stromdichte 0,5-2 A/cm².

Funktion: Verbesserung der Oberflächengüte ($Ra < 0,3$ μm) und Korrosionsbeständigkeit.

5.4.2 Automatisierung und Intelligenz

Automatisierungstechnik:

Roboter-System:

Be- und Entladeroboter: wird zum Abfüllen von Molybdänpulver, zum Handling von Rohlingen und zum Verpacken von Fertigprodukten mit einer Tragfähigkeit von 50-200 kg verwendet.

Schweißroboter: Ausgestattet mit visuellem Erkennungssystem, Schweißgenauigkeit $\pm 0,05$ mm.

CNC-Anlage:

Die integrierte CAD/CAM-Software optimiert die Bearbeitungswege und reduziert die Bearbeitungszeit um 10-15 %.

Unterstützt die Programmierung von G-Code und ist kompatibel mit Tiegeln komplexer Formen.

Online monitoring:

Infrarot-Thermometer: Überwachen Sie die Sintertemperatur, Genauigkeit $\pm 2^\circ\text{C}$.

Drucksensor: Erfasst den isostatischen Pressdruck mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ MPa.

Laserscanner: Echtzeit-Messung von Tiegelabmessungen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm.

Intelligent:

Industrie 4.0:

Internet der Dinge (IoT): Geräte sind vernetzt und laden Temperatur-, Druck- und Produktionsdaten

Copyright and Legal Liability Statement

in Echtzeit hoch.

Big-Data-Analyse: Optimieren Sie Prozessparameter und reduzieren Sie die Ausschussrate auf <1,5 %.

Künstliche Intelligenz (KI):

Vorausschauende Wartung: Prognostizieren Sie Geräteausfälle auf der Grundlage von Vibrations- und Temperaturdaten, wodurch Ausfallzeiten um 20 % reduziert werden.

Prozessoptimierung: Das KI-Modell passte die Sintertemperatur und den Sinterdruck an und erhöhte die Dichte um 0,5 %.

Digitaler Zwilling:

Modellieren Sie virtuell den Produktionsprozess von Tiegeln und simulieren Sie das Sintern, Schmieden und Zerspanen.

Optimieren Sie das Werkzeugdesign und erreichen Sie eine Genauigkeit der Schrumpfungsvorhersage von $\pm 0,1$ %.

5.4.3 Anforderungen an den Reinraum

Der Reinraum stellt sicher, dass der Herstellungsprozess des Molybdäntiegels schadstofffrei ist und den Anforderungen hochreiner Anwendungen entspricht.

Sauberkeit:

ISO 5 (Klasse 100): Partikelkonzentration <100 Partikel/m³ (Partikelgröße $\geq 0,5$ μm).

ISO 7 (10.000): Für unkritische Prozesse <10.000 Partikel/m³.

Umweltkontrolle:

Temperatur: 20-25°C, Schwankung $\pm 1^\circ\text{C}$.

Luftfeuchtigkeit: 40-60%, Schwankung $\pm 5\%$.

Überdruck: >10 Pa, um das Eindringen von externen Partikeln zu verhindern.

Ausstattung und Maßnahmen:

Hocheffizienter Filter (HEPA): Filtrationseffizienz >99,97 %, Austauschzyklus 6-12 Monate.

Luftdusche: Die Windgeschwindigkeit des Einlasses > 20 m/s, entfernt Partikel auf der Oberfläche von Personen.

Staubfreier Boden: Epoxidharzbeschichtung, Oberflächenwiderstand $10^6 - 10^9 \Omega$.

Personenschutz:

Tragen Sie Reinraumkleidung (Polyester), Maske, Handschuhe und Schuhüberzieher.

Schulung: ISO 14644 Betriebsspezifikationen für Reinnräume.

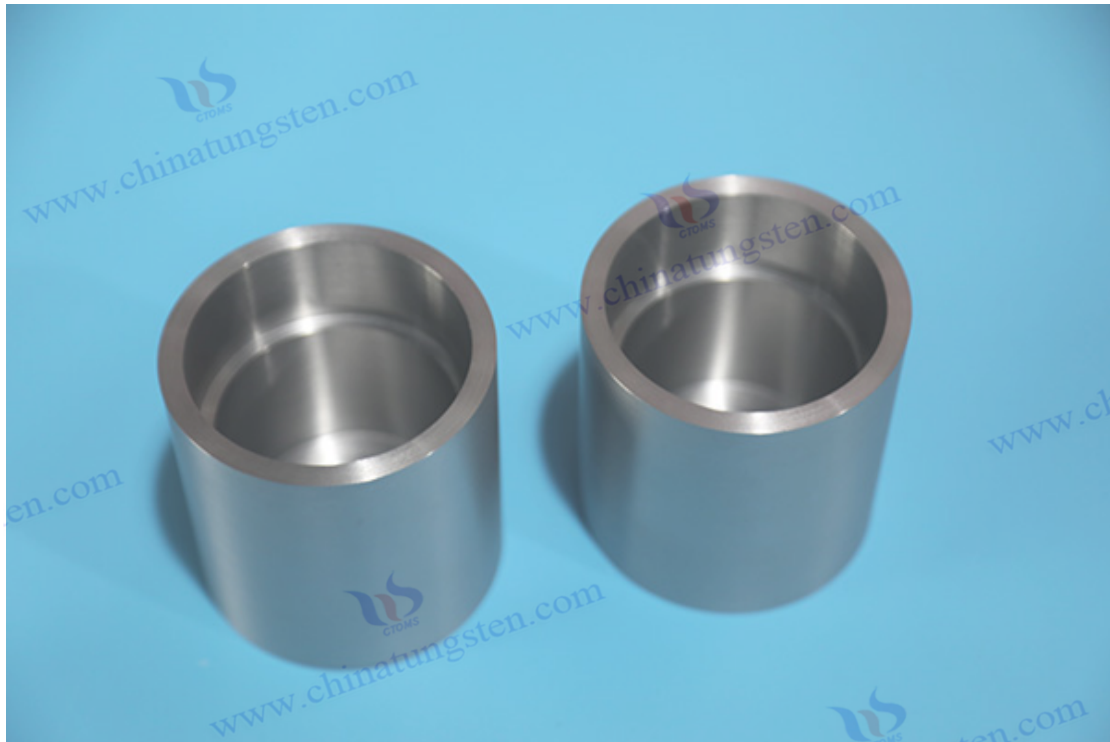
Nachweismethode:

Partikelzähler: Echtzeitüberwachung von Partikeln, Genauigkeit ± 10 Partikel/m³.

Mikrobiologische Probenahme: wöchentliche Testung, Koloniezahl <1 KBE/m³.

Oberflächenreinheit: Kontaktpartikeltest, Partikel <50 Partikel/cm².

Copyright and Legal Liability Statement



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Kapitel 6 Qualitätskontrolle und Inspektion von Molybdäntiegeln

Molybdäntiegel sind wichtige Verbindungen, um ihre stabile Leistung und Zuverlässigkeit in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hoher Korrosion (z. B. bei der Züchtung von Saphirkristallen, bei der Verhüttung von Seltenen Erden und in der Halbleiterherstellung) zu gewährleisten. Molybdäntiegel müssen die Anforderungen an hohe Reinheit, hohe Dichte, hervorragende mechanische Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit erfüllen. Kleinere Mängel können zu größeren Ausfällen führen. Dieses Kapitel befasst sich ausführlich mit der Qualitätskontroll- und Inspektionstechnologie von Molybdäntiegeln, die Online-Inspektion, Leistungsprüfung und Fehleranalyse und bietet umfassende technische Details und Methoden unter Bezugnahme auf die Praktiken führender globaler Unternehmen, Industriestandards und akademische Forschung.

6.1 Online-Erkennung

Die Online-Inspektion überwacht die Produktqualität in Echtzeit während des Herstellungsprozesses des Molybdäntiegels, um Maßhaltigkeit, Oberflächenqualität und mikrostrukturelle Konformität zu gewährleisten. Diese Technologien minimieren Produktionsunterbrechungen und verbessern die Effizienz durch berührungslose oder schnelle Inspektionsmethoden.

6.1.1 Abmessungen und Genauigkeit

Der Molybdäntiegel wirkt sich direkt auf die Gleichmäßigkeit des thermischen Feldes und die mechanische Stabilität in einer Hochtemperaturumgebung aus. Die Online-Maßerfassung stellt

Copyright and Legal Liability Statement

sicher, dass die Geometrie, Wandstärke und Rundheit des Tiegels den Konstruktionsanforderungen entsprechen.

Nachweismethode:

Laserentfernung und -scann:

Verwenden Sie einen hochpräzisen Laser-Entfernungsmesser oder 3D-Laserscanner, um den Außendurchmesser, den Innendurchmesser, die Wandstärke und die Höhe des Tiegels in Echtzeit zu messen.

Das Laserscanning-System generiert aus Punktwolkendaten ein 3D-Modell des Tiegels und erkennt Rundheit, Koaxialität und Oberflächenebenheit.

Vorteile: berührungslose, schnelle Messung, geeignet für große Tiegel (Durchmesser > 300 mm).

Ultraschall-Dickenmessung:

Ultraschall-Dickenmessgeräte messen die Wandstärke des Tiegels durch Aussendung hochfrequenter Schallwellen (5-10 MHz) und eignen sich besonders für dünnwandige Tiegel (<5 mm).

Die Online-Integration in CNC-Drehmaschinen oder Spinnmaschinen bietet Echtzeit-Feedback von Wanddickendaten und leitet Verarbeitungsanpassungen.

Vorteile: Hohe Präzision, geeignet für komplexe Geometrien.

Koordinatenmessgerät (KMG):

Das Online-KMG misst die kritischen Abmessungen des Tiegels (z. B. Flanschdurchmesser, Bodenradius) mit einer Kontaktsonde.

Ausgestattet mit einem automatischen Werkzeugwechselsystem, unterstützt es die Mehrpunktmessung, geeignet für die Massenproduktion.

Vorteile: Hohe Wiederholgenauigkeit, geeignet für hochpräzise Tiegel (Toleranz < 0,01 mm).

Nachweisparameter:

Durchmessertoleranz: Große Tiegel erfordern Toleranzen im Mikrometerbereich; Kleine Tiegel erfordern Toleranzen im Submikrometerbereich.

Gleichmäßigkeit der Wanddicke: Abweichungen müssen in einem sehr kleinen Bereich kontrolliert werden, um ein gleichmäßiges thermisches Feld zu gewährleisten.

Rundheit und Koaxialität: Die Rundheitsabweichung muss extrem gering sein, und die Koaxialität muss den strengen Anforderungen der Kristallzüchtungsausrüstung entsprechen.

Höhe und Ebenheit: Die Höhentoleranz wird im Mikrometerbereich angegeben, und die Ebenheit des Bodens muss eine Konzentration der thermischen Spannung vermeiden.

Prozessintegration:

Das Online-Erkennungssystem ist über das industrielle Internet der Dinge (IoT) mit der CNC-Bearbeitungsanlage verbunden, und die Maßdaten werden in Echtzeit in das zentrale Steuerungssystem hochgeladen.

Feedback-Mechanismus: Werden Maßabweichungen erkannt, passt das System automatisch die Bearbeitungsparameter (z. B. Schnitttiefe, Schleuderdruck) an.

Copyright and Legal Liability Statement

Überwachen Sie dimensionale Trends und prognostizieren Sie potenzielle Fehler durch statistische Prozesskontrolle (SPC).

Qualitätsmaßstäbe:

Entspricht ASTM B386 (Molybdän- und Molybdänlegierungsstandard) und GB/T 3462 (China Molybdänum Material Standard).

Das Qualitätsmanagementsystem ISO 9001 verlangt, dass Online-Prüfmittel regelmäßig mit einer Genauigkeitsabweichung von <1 % kalibriert werden.

Nutzanwendung:

Bei der Züchtung von Saphirkristallen wirkt sich die Maßgenauigkeit des Molybdäntiegels direkt auf die Kristallqualität aus. Das Online-Laserscanning-System von HC Starck Solutions stellt sicher, dass die Toleranz des Tiegeldurchmessers extrem gering ist und die Anforderungen der Czochralski-Methode erfüllt.

6.1.2 Oberflächenfehler

Oberflächenfehler (wie Kratzer, Risse, Oxidschichten) können bei hohen Temperaturen zum Ausgangspunkt für die Ausbreitung von Rissen werden oder Schmelzeverunreinigungen verursachen. Die Online-Oberflächeninspektion stellt die Oberflächengüte und Integrität des Tiegels sicher.

Nachweismethode:

Optische Mikroskopie und Bildanalyse:

Ein hochauflösendes optisches Mikroskop (Vergrößerung 50-1000x), das mit einer CCD-Kamera ausgestattet ist, nimmt Bilder der Tiegeloberfläche in Echtzeit auf.

Bildverarbeitungssoftware identifiziert Kratzer, Vertiefungen und Mikrorisse durch Kantenerkennung und Graustufenanalyse.

Vorteile: Hohe Empfindlichkeit, geeignet für die Erkennung der inneren Oberfläche.

Detektion von Laserstreuung:

Der Laserstrahl (Wellenlänge 532 nm) bestrahlt die Tiegeloberfläche, und das Streulichtsignal reflektiert die Oberflächendefekte (wie Rauheit und Risse).

Ausgestattet mit einer Photomultiplier-Röhre (PMT), um Streulicht zu sammeln und eine Defektverteilungskarte zu erstellen.

Vorteile: Berührungslos, geeignet für das schnelle Scannen von großen Tiegeln (>500 mm).

Wirbelstromprüfung:

Die Tiegeloberfläche wird mit einer Wirbelstromsonde (Frequenz 1-10 MHz) abgetastet, um oberflächennahe Risse und Einschlüsse zu erkennen.

Geeignet zum Schweißen von Tiegeln im Schweißbereich, um Mikrorisse und Poren zu identifizieren.

Vorteile: Hohe Empfindlichkeit, geeignet für innere Defekte von Metallen.

Copyright and Legal Liability Statement

Nachweisparameter:

Oberflächenrauheit: Die innere Oberfläche muss eine sehr geringe Rauheit ($Ra < 0,8 \mu m$) aufweisen, und die äußere Oberfläche ist leicht locker ($Ra < 1,6 \mu m$).

Risse und Kratzer: Die Länge der Risse muss unterhalb des Mikrometerbereichs kontrolliert werden, und die Tiefe der Kratzer muss extrem gering sein.

Oxidschicht und Verschmutzung: Es sollten keine Oxidrückstände auf der Oberfläche vorhanden sein und die Partikelbelastung sollte sehr gering sein ($< 100 \text{ Partikel/cm}^2$, Partikelgröße $> 0,5 \mu m$).

Prozessintegration:

Das Online-Oberflächeninspektionssystem ist mit Polier-, Reinigungs- und Beschichtungsanlagen verknüpft, um eine Echtzeit-Rückmeldung von Fehlerdaten zu erhalten.

Automatische Sortierung: Nicht qualifizierte Tiegel werden von einem Roboterarm in den Nacharbeitsbereich geschickt, und qualifizierte Tiegel gelangen in den nächsten Prozess.

Rückverfolgbarkeit der Daten: Die Oberflächeninspektionsdaten jedes Tiegels werden in der Cloud gespeichert, um die Rückverfolgbarkeit der Qualität zu unterstützen.

Qualitätsmaßstäbe:

Entspricht ISO 4287 (Norm für Oberflächenrauheit) und ASTM E407 (Norm für die Prüfung von Metalloberflächen).

Die Halbleiterindustrie verlangt eine Oberflächenreinheit, um den SEMI-Standards (wie z. B. SEMI F21) zu entsprechen.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von Halbleiter-Silizium-Einkristallen können Oberflächendefekte von Molybdäntiegeln die Siliziumschmelze verunreinigen. Das Online-Laserstreusystem von Chinatungsten Online stellt sicher, dass keine Mikrorisse auf der Innenfläche vorhanden sind, um hohe Reinheitsanforderungen zu erfüllen.

6.2 Leistungsprüfung

Bei der Leistungsprüfung werden die Hochtemperaturfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Langzeitstabilität von Molybdäntiegeln unter realen Einsatzbedingungen bewertet, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen bestimmter Anwendungen (z. B. Hochtemperaturumgebungen von $1700-2050 \text{ }^{\circ}\text{C}$) entsprechen.

6.2.1 Hohe Temperaturbeständigkeit

Die Hochtemperaturfestigkeit ist die Schlüsselleistung des Molybdäntiegels, um die strukturelle Integrität und den Verformungsschutz in Hochtemperaturumgebungen (z. B. Saphirkristallwachstum, Seltenerdschmelzen) zu erhalten.

Prüfmethode:

Hochtemperatur-Zugversuch:

Es wird in einem Ofen mit Vakuum oder inerter Atmosphäre (Argon oder Wasserstoff) in einem Temperaturbereich von $1400-1800^{\circ}\text{C}$ durchgeführt.

Copyright and Legal Liability Statement

Messen Sie Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung durch Aufbringen einer konstanten Spannung mit einer Hochtemperatur-Zugmaschine, die mit Molybdän- oder Wolframgriffen ausgestattet ist.

Prüfnorm: ASTM E21 (Hochtemperatur-Zugprüfspezifikation).

Vorteile: Simulieren Sie die tatsächliche Hochtemperatur-Belastungsumgebung und bewerten Sie die mechanischen Eigenschaften des Tiegels.

Zeitstandversuch bei hohen Temperaturen:

Es wurde eine konstante Spannung (50-200 MPa) bei 1700-2000 °C angelegt und die Kriechgeschwindigkeit und Verformung gemessen.

Ausstattung: Hochtemperatur-Zeitstandprüfmaschine mit Laser-Wegmesssensor (Genauigkeit $\pm 0,001$ mm).

Prüfnorm: ASTM E139 (Spezifikation für Zeitstandprüfungen).

Vorteile: Bewertung der Stabilität von Tiegeln während des Langzeitbetriebs bei hohen Temperaturen.

Härteprüfung:

Die Härte des Tiegels bei Raumtemperatur und hoher Temperatur (1000-1500°C) wurde mit einem Hochtemperatur-Vickers-Härteprüfer (Belastung 1-10 kg) gemessen.

Prüfnorm: ASTM E92 (Vickers-Härteprüfspezifikation).

Vorteile: Schnelle Bewertung von materialverstärkenden Effekten (z.B. Dotierung oder Wärmebehandlung).

Prüfparameter:

Zugfestigkeit: Bei hohen Temperaturen (>100 MPa bei 1700 °C) muss eine ausreichende Festigkeit aufrechterhalten werden, und dotierte Tiegel haben eine höhere Festigkeit.

Kriechrate: muss extrem niedrig sein, um sicherzustellen, dass es im Langzeitbetrieb zu keiner nennenswerten Verformung kommt.

Härte: Die Härte bei hohen Temperaturen muss auf einem hohen Niveau (>150 HV) gehalten werden, was die Verschleißfestigkeit des Materials widerspiegelt.

Prozess-Feedback:

Die Testergebnisse dienen als Grundlage für die Auswahl der Rohstoffe (z. B. Dotierungselemente) und die Prozessoptimierung (z. B. Temperatur der Wärmebehandlung).

Reicht die Festigkeit nicht aus, können die Sintertemperatur, die Schmiedeverformung oder das Dotierungsverhältnis eingestellt werden.

Die Daten werden im Qualitätsmanagementsystem gespeichert, um die Rückverfolgbarkeit der Leistung zu unterstützen.

Qualitätsmaßstäbe:

Entspricht ISO 6892-2 (Metallzugprüfung bei erhöhten Temperaturen) und ASTM E139 (Zeitstandprüfung).

Die Saphirkristall-Züchtungsindustrie erfordert, dass der Tiegel bei 2050 °C frei von Verformungen bleibt, und die Verhüttung von Seltenen Erden erfordert eine Langzeitstabilität bei 1700 °C.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Nutzanwendung:

Bei der Züchtung von Saphirgläsern muss der Molybdäntiegel hohen Temperaturen von 2050 °C und mechanischer Beanspruchung standhalten. Der Hochtemperatur-Zugversuch von China Tungsten Online stellt sicher, dass der Tiegel unter extremen Bedingungen rissfrei ist.

6.2.2 Korrosionsbeständigkeit

Die Korrosionsbeständigkeit bestimmt die Haltbarkeit von Molybdäntiegeln in geschmolzenen Metallen (z. B. Seltenerdmetallen), Oxiden oder Hochtemperaturatmosphären, insbesondere bei der Verhüttung von Seltenen Erden und der Reinigung von Edelmetallen.

Prüfmethode:

Statische Korrosionsprüfung:

Tauchen Sie die Molybdäntiegelprobe in ein geschmolzenes Medium (z. B. geschmolzenes Neodym, Aluminiumoxid) bei einer Temperatur von 1400-1800 °C und halten Sie es mehrere Stunden bis mehrere Tage warm.

Messen Sie den Verlust der Wanddicke, die Oberflächenerosionstiefe und den Massenverlust.

Prüfnorm: ASTM G31 (Korrosionsprüfspezifikation).

Vorteile: Simulieren Sie die tatsächliche Einsatzumgebung und bewerten Sie die Korrosionsbeständigkeit des Tiegels.

Dynamische Korrosionsprüfung:

Der dynamische Kontakt (z. B. Rühren oder Fließen) zwischen dem Tiegel und der Schmelze wird in einem Hochtemperaturofen bei einer Temperatur von 1500-1700 °C simuliert.

Die Relativbewegung zwischen der Probe und der Schmelze wird mit einer rotierenden Tauchvorrichtung gesteuert, um die Korrosionsrate zu messen.

Vorteile: Näher an den tatsächlichen Arbeitsbedingungen der Seltenerdverhüttung.

Elektrochemischer Korrosionstest:

Messung des elektrochemischen Verhaltens von Tiegeln (z. B. Korrosionspotential, Polarisationsbeständigkeit) in Hochtemperatur-Salzschnmelzen oder Säurelösungen.

Ausrüstung: Elektrochemischer Hochtemperatur-Arbeitsplatz, Temperatur 800-1200°C.

Vorteile: Quantifizierung von Korrosionsmechanismen, geeignet für die Beschichtung von Tiegeln.

Prüfparameter:

Wanddickenverlust: Muss extrem gering sein (Mikrometerniveau/100 Stunden), um die Lebensdauer des Tiegels zu gewährleisten.

Oberflächenerosion: Die Oberfläche sollte glatt gehalten werden, ohne dass es zu offensichtlichen Lochfraßen oder Abblättern kommt.

Massenverlust: muss extrem klein sein, um die chemische Stabilität des Tiegels widerzuspiegeln.

Beschichtungsleistung: Korrosionsschutzbeschichtungen (wie MoSi₂) dürfen sich nicht ablösen und haben eine hohe Haftfestigkeit.

Prozess-Feedback:

Copyright and Legal Liability Statement

Die Ergebnisse der Korrosionstests dienen als Grundlage für die Auswahl von Dotierungselementen (z. B. CeO_2 , La_2O_3) und die Optimierung des Beschichtungsprozesses.

Ist die Korrosionsrate zu hoch, kann die Schichtdicke erhöht oder der Sinterprozess angepasst werden, um die Tiegeldichte zu erhöhen.

Die Daten werden verwendet, um eine Korrosionsdatenbank aufzubauen, um die Lebensdauer von Tiegeln in verschiedenen Umgebungen vorherzusagen.

Qualitätsmaßstäbe:

Entspricht ASTM G31 (Korrosionsprüfung) und ISO 11846 (Hochtemperatur-Korrosionsprüfung).

Die Verhüttung von Seltenen Erden erfordert, dass der Tiegel in geschmolzenem Neodym bei $1700\text{ }^\circ\text{C}$ eine Lebensdauer von >1000 Stunden hat, und die Halbleiterindustrie verlangt keine Umweltverschmutzung.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von NdFeB-Magneten müssen Molybdäntiegel der Korrosion durch geschmolzenes Neodym widerstehen. Der statische Korrosionstest von Chinatungsten Online stellt die Korrosionsbeständigkeit von dotierten Tiegeln sicher und verlängert deren Lebensdauer.

6.3 Fehleranalyse

Die Fehleranalyse identifiziert die Fehlerursachen und optimiert den Herstellungsprozess und die Einsatzbedingungen, indem sie die Risse, Verformungen, Ermüdungs- und Lebensdauerdämpfungen von Molybdäntiegeln untersucht.

6.3.1 Risse und Verformungen

Risse und Verformungen sind häufige Versagensarten von Molybdäntiegeln bei hohen Temperaturen oder thermischen Zyklen, die durch thermische Belastung, mechanische Beanspruchung oder Materialfehler verursacht werden können.

Analysemethoden:

Makroskopische Betrachtung:

Die Risslage, -länge und -morphologie (Oberflächenriss oder Durchriss) werden mit einer hochauflösenden Kamera oder einem Stereomikroskop erfasst.

Verformungsmessungen (z.B. Änderung des Tiegeldurchmessers, Wanddickenverdünnung) werden mit einem Laserscanner durchgeführt.

Mikroskopische Analyse:

Mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurde die Rissmorphologie (interkristalliner Bruch oder duktiler Bruch) bei einer 1000-10.000-fachen Vergrößerung beobachtet.

Die energiedispersive Spektrometrie (EDS) erfasst die chemische Zusammensetzung des Rissbereichs, um zu bestätigen, ob die Versprödung durch Verunreinigungen (wie O, C) verursacht wird.

Finite-Elemente-Analyse (FEA):

Copyright and Legal Liability Statement

Es wurde ein thermisch-mechanisches Kopplungsmodell des Tiegels erstellt, um die Spannungsverteilung und das Verformungsverhalten bei hohen Temperaturen zu simulieren.

Eingabeparameter: Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdän ($4,8 \times 10^{-6}$ /K), Wärmeleitfähigkeit (138 W/(m·K)) und Zugfestigkeit.

Vorteile: Vorhersage von Rissinitiiierungspunkten und Optimierung des Tiegeldesigns.

Ursache des Fehlers:

Thermische Spannung: Schneller Temperaturanstieg und -abfall (z. B. >10 °C/min) führt zu einer Konzentration der thermischen Spannung und führt zu Rissen.

Mechanische Beanspruchung: Die Aufprallkräfte beim Be- oder Entladen übersteigen die Festigkeit des Tiegels.

Materialfehler: Sinterporen, Korngrenzverunreinigungen oder Schweißporen verringern die Zähigkeit des Tiegels.

Prozessprobleme: Ungleichmäßige Wandstärke oder unsachgemäße Wärmebehandlung, die zu einer Spannungskonzentration führen.

Verbesserungsmaßnahmen:

Optimieren Sie die thermischen Zyklen: Steuern Sie die Heiz- und Kühlraten (<5 °C/min), um die thermische Belastung zu reduzieren.

Verbessern Sie die Materialqualität: Verwenden Sie hochreines Molybdänpulver ($>99,95$ %) und Dotierungselemente (wie CeO_2), um die Körner zu verfeinern.

Verbesserte Verarbeitung: Gewährleistung der Gleichmäßigkeit der Wandstärke (Abweichung $<0,1$ mm) und der Oberflächenrauheit ($R_a < 0,8$ µm).

Nutzanwendung:

Während der Züchtung von Saphirglas können Risse im Molybdän-Tiegel zu Schmelzeleckagen führen.

6.3.2 Ermüdung und Lebensdauer

Ermüdungsversagen und Lebensdauerdämpfung sind die Hauptprobleme von Molybdäntiegeln in wiederholten thermischen Zyklen oder im langfristigen Hochtemperaturbetrieb, die sich auf ihre Recyclingkapazität und Wirtschaftlichkeit auswirken.

Analysemethoden:

Test des thermischen Zyklus:

Simulieren Sie die tatsächlichen Nutzungsbedingungen (z. B. 1500-1700 °C, 100-500 thermische Zyklen), um die Bildung und das Wachstum von Ermüdungsrissen zu beobachten.

Ausrüstung: Hochtemperatur-Ofen mit thermischem Zyklus, ausgestattet mit Laser-Wegmesssensoren zur Aufzeichnung von Verformungen.

Prüfnorm: ISO 1893 (Thermoschocktest für feuerfeste Materialien).

Analyse von Ermüdungsfrakturen:

Die Frakturmorphologie wurde mittels REM beobachtet, um Ermüdungsrisse (glatte Streifen) von

Copyright and Legal Liability Statement

transienten Frakturbereichen (Grübchen) zu unterscheiden.

Die Analyse der Elektronenrückstreuung (EBSD) von Rissausbreitungspfaden bestätigte den Einfluss der Kornorientierung auf die Ermüdung.

Modell zur Vorhersage der Lebensdauer:

Die Lebensdauer des Tiegels wird auf der Grundlage der kumulativen Schadenstheorie von Miner in Kombination mit Daten zum thermischen Zyklus und zum Kriechen vorhergesagt.

Eingabeparameter: Anzahl der thermischen Zyklen, Temperaturgradient, Spannungsniveau.

Vorteil: Führt die Wartungs- und Austauschzyklen des Tiegels.

Ursache des Fehlers:

Thermische Ermüdung: Wiederholte thermische Zyklen führen zum Wachstum von Mikrorissen, die schließlich Makrorisse bilden.

Kriechen: Langfristiger Hochtemperaturstress führt zu einer langsamen Verformung, wodurch die Festigkeit des Tiegels verringert wird.

Oberflächenverschlechterung: Oxidation oder Korrosion verursachen Oberflächenfehler, die Ermüdungsrisse beschleunigen.

Konstruktionsfehler: ungleichmäßige Wandstärke oder scharfe geometrische Ecken, die zu einer Spannungskonzentration führen.

Verbesserungsmaßnahmen:

Verbesserte Materialeigenschaften: Die Dotierung mit Oxiden (z. B. La_2O_3) verbessert die Zähigkeit und Ermüdungsbeständigkeit.

Optimieren Sie die Konstruktion: Vergrößern Sie den Eckenradius ($>2 \text{ mm}$), um die Spannungskonzentration zu reduzieren.

Oberflächenschutz: Tragen Sie eine Antioxydationsbeschichtung (z. B. MoSi_2) auf, um die Lebensdauer der Ermüdung zu verlängern.

Prozessverbesserung: Kontrolle der Korngröße ($<50 \mu\text{m}$) und der Wärmebehandlungsparameter, um die Kriechrate zu reduzieren.

Copyright and Legal Liability Statement



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

8. Kapitel: Transport und Lagerung von Molybdän-Tiegeln

Als hochwertiges, hochtemperaturbeständiges Industriebauteil sind der Transport und die Lagerung von Molybdäntiegeln entscheidend für die Aufrechterhaltung ihrer physikalischen Integrität und chemischen Stabilität. Unsachgemäße Verpackung, Transport oder Lagerung können zu Oberflächenkratzern, Oxidation, Verunreinigung oder Verformung führen und so die Leistung in High-End-Anwendungen wie Kristallzüchtung, Seltenerdschmelze und Halbleiterherstellung beeinträchtigen. In diesem Kapitel werden die Transport- und Lagerspezifikationen von Molybdäntiegeln ausführlich erörtert, einschließlich Verpackungsanforderungen, stoß- und feuchtigkeitsbeständigen Maßnahmen, Lagerumgebung und -bedingungen, Bestandsverwaltung und Qualitätsverfolgung, und bietet umfassende technische Anleitungen unter Bezugnahme auf globale Industriestandards und Best Practices.

8.1 Anforderungen an die Verpackung

Molybdäntiegel müssen sicherstellen, dass sie während des Transports und der Lagerung vor mechanischen Beschädigungen, chemischer Kontamination und Umwelteinflüssen geschützt sind und gleichzeitig leicht zu handhaben und zu identifizieren sind.

Packstoffe:

Innere Verpackung:

Verwenden Sie hochreine Folie aus Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP), um den Tiegel zu umwickeln, um zu verhindern, dass die Oberfläche mit Luft oder Partikeln in Berührung kommt, und um ihn sauber zu halten.

Copyright and Legal Liability Statement

Er ist mit hochdichtem Schaumstoff oder Luftpolsterfolie ausgekleidet, bietet Dämpfungsschutz und reduziert die Auswirkungen von Vibrationen und Stößen.

Es wird empfohlen, vakuumversiegelte Beutel zu verwenden, um die innere Luft zu entfernen, um Oxidation und Feuchtigkeitsaufnahme zu verhindern, insbesondere bei langfristiger Lagerung.

Umverpackung:

Verwenden Sie Hartholzkisten (in Übereinstimmung mit den internationalen Pflanzenschutznormen ISPM 15) oder Kisten aus Aluminiumlegierungen, die stark genug sind, um dem Stapel- und Transportdruck standzuhalten.

Das Innere der Holzkiste ist mit stoßdämpfenden Materialien (wie Polyurethanschaum oder Perlbaumwolle) gefüllt, um sicherzustellen, dass der Tiegel ohne Schütteln fixiert wird.

Die Oberfläche der Umverpackung wird mit wasserfestem Lack besprüht oder mit einer feuchtigkeitsdichten Folie überzogen, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern.

Ergänzende Materialien:

Verwenden Sie Keramik- oder Polytetrafluorethylen (PTFE)-Dichtungen, um den Tiegel vom Verpackungsmaterial zu isolieren und Kratzer durch Metallkontakt zu vermeiden.

Ausgestattet mit einem Trockenmittel (z. B. Kieselgel oder Molekularsieb) und in der Innenverpackung platziert, um die Feuchtigkeit zu kontrollieren und Korrosion zu verhindern.

Verwenden Sie staubfreie Etiketten und Dichtungsband, um sicherzustellen, dass während des Verpackungsprozesses keine zusätzliche Kontamination erfolgt.

Verpackungsdesign:

Größenanpassung: Die Größe der Verpackungsschachtel wird an die Spezifikationen des Tiegels angepasst, und der Innenraum passt sich eng an die Form des Tiegels an, um sicherzustellen, dass er fest ist und keinen Bewegungsspielraum hat.

Tragfähigkeit: Das Design der Verpackungsbox muss eine mehrschichtige Stapelung unterstützen und für Langstreckentransporte und Lageranforderungen geeignet sein.

Logo und Etikett:

Die Umverpackung ist mit Warnschildern wie "zerbrechlich", "feuchtigkeitsbeständig" und "vorsichtig behandeln" gekennzeichnet. Die Schriftarten sind klar und deutlich sichtbar und entsprechen der ISO 780 (Verpackungskennzeichnungsnorm).

Wird mit einem Produktetikett geliefert, das das Tiegelmodell, die Größe, die Chargennummer, das Produktionsdatum, das Nettogewicht und die Lieferanteninformationen enthält, wobei ein wasserdichtes, verschleißfestes Etikett (z. B. PVC oder PET) verwendet wird.

Legen Sie eine Packliste und ein Qualitätszertifikat bereit, verschließen Sie diese in einer durchsichtigen Plastiktüte und kleben Sie sie auf die Außenseite des Verpackungskartons.

Rückverfolgbarkeit: Die Verpackungsschachtel ist mit einem QR-Code bedruckt oder wird mit einem RFID-Tag geliefert, der mit den Produktions- und Qualitätsdaten des Tiegels verknüpft ist und die digitale Sendungsverfolgung unterstützt.

Verpackungsprozess:

Copyright and Legal Liability Statement

Reinigung: Wischen Sie den Tiegel vor dem Verpacken mit einem staubfreien, in hochreines Ethanol getauchten Tuch ab, um sicherzustellen, dass keine Partikel, Ölflecken oder Fingerabdrücke vorhanden sind und die Oberflächenreinheit den Anforderungen der Halbleiterindustrie entspricht.

Verpackung: Die Innenverpackung erfolgt in einem Reinraum mit staubfreien Handschuhen und nichtmetallischen Werkzeugen.

Befestigung: Der Tiegel wird in eine speziell angefertigte Schaumstoffform gelegt, die mit stoßdämpfendem Material gefüllt ist, und dafür gesorgt, dass keine Lücken entstehen. Die äußere Verpackung wird mit Edelstahlschrauben oder hochfestem Klebeband verschlossen.

Inspektion: Sichtprüfung nach dem Verpacken, um zu bestätigen, dass keine Lockerheit oder Beschädigung vorliegt. Vibrationstest, falls erforderlich, um die Transportbedingungen zu simulieren und die Sicherheit des Tiegels zu gewährleisten.

Qualitätsmaßstäbe:

Die Verpackung muss der ISO 3394 (Abmessungen von Transportverpackungen) und ASTM D4169 (Leistungstest für Transportverpackungen) entsprechen.

Die Halbleiterindustrie verlangt, dass Verpackungsmaterialien frei von flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) sind und der Norm SEMI E170 (Clean Packaging Standard) entsprechen.

Der Verpackungsprozess muss unter dem Qualitätsmanagementsystem ISO 9001 durchgeführt werden, um Konsistenz und Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

Nutzanwendung:

In der Saphirkristallzuchtindustrie verhindert die vakuumversiegelte Verpackung von Molybdäntiegeln die Oxidation während des Transports und stellt sicher, dass die Oberfläche frei von Verunreinigungen ist.

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden schützen Hartholzkisten und Schaumstoffauskleidungen große Tiegel und verringern das Risiko von Verformungen während des Transports.

8.2 Stoß- und Feuchtigkeitsbeständigkeit

Vibrations- und Feuchtigkeitsschutzmaßnahmen sind die Kernanforderungen für den Transport und die Lagerung von Molybdäntiegeln, die darauf abzielen, mechanische Beschädigungen und chemische Verschlechterungen zu verhindern und sicherzustellen, dass die Leistung des Tiegels nicht beeinträchtigt wird.

Anti-Schock-Maßnahmen:

Material der Polsterung:

Verwenden Sie Polyurethanschaum mit hoher Dichte oder Perlbaumwolle, um die Innenseite des Verpackungskartons zu füllen, um eine ausreichende Stoßdämpfungskapazität zu gewährleisten, um Vibrationen und Stöße während des Transports zu absorbieren.

Für kleine Tiegel kann eine Luftpolsterfolie verwendet werden, um zusätzlichen Schutz zu bieten, die für Leichtverpackungen geeignet ist.

Große Tiegel erfordern spezielle Schaumstoffformen, die genau auf die Form des Tiegels abgestimmt sind, um einen festen Sitz zu gewährleisten und Bewegungen zu verhindern.

Copyright and Legal Liability Statement

Design der Verpackungsbox:

Die äußere Verpackungsbox besteht aus mehrschichtigem Sperrholz oder einer Aluminiumlegierung, die eine hohe Schlagfestigkeit aufweist und für den Ferntransport geeignet ist.

Im Inneren sind stoßdämpfende Federn oder Gummiauflagen verbaut, um die Schwingungsübertragung zu reduzieren und den Tiegel vor äußeren Einwirkungen zu schützen.

Der Boden der Verpackungsbox ist mit einem rutschfesten Pad ausgestattet, um die Reibung zu erhöhen und ein Verrutschen während des Transports zu verhindern.

Transportschutz:

Die Transportfahrzeuge sind mit einer Airbag-Federung oder einem hydraulischen Stoßdämpfungssystem ausgestattet, um die Auswirkungen von Straßenvibrationen auf den Tiegel zu reduzieren.

Die Tiegelverpackungsbox wird auf einer Standard-Transportpalette befestigt und mit hochfesten Nylon- oder Stahlbändern verstärkt, um die Stabilität zu gewährleisten.

Vermeiden Sie plötzliches Beschleunigen, plötzliches Bremsen oder starke Stöße während des Transports. Es wird empfohlen, ein professionelles Logistikunternehmen zu beauftragen, das mit den Transportvorschriften für zerbrechliche Güter vertraut ist.

Feuchtigkeitsbeständige Maßnahmen:

Versiegelte Verpackung:

Für die Innenverpackung wird ein vakuumversiegelter Beutel oder eine Hochbarrierefolie (z. B. Aluminium-Kunststoff-Verbundfolie) verwendet, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern und die Tiegeloberfläche trocken zu halten.

Die Innenseite der Umverpackung ist mit einem feuchtigkeitsbeständigen Mittel beschichtet oder mit einer feuchtigkeitsbeständigen Folie bedeckt, um die Wasserdichtigkeit zu verbessern.

Trockenmittel:

Geben Sie Kieselgel oder Molekularsieb Trockenmittel in die Innenverpackung, um Restfeuchtigkeit aufzunehmen und die relative Luftfeuchtigkeit extrem niedrig zu halten.

Das Trockenmittel sollte regelmäßig überprüft und ausgetauscht werden, insbesondere bei längerer Lagerung oder in Bereichen mit hoher Luftfeuchtigkeit.

Verkehrsumfeld:

Die Transportfahrzeuge sind mit feuchtigkeitsabweisenden Einrichtungen (z. B. versiegelten Laderäumen oder Entfeuchtungsgeräten) ausgestattet, um Regen oder Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit zu vermeiden.

Empfohlen wird ein temperaturgeführter Transport (Temperatur 20-25°C, Luftfeuchtigkeit <40%), insbesondere bei überregionalen Transporten oder auf dem Seeweg.

Inspektion und Überwachung:

Verwenden Sie nach dem Verpacken eine Feuchtigkeitsanzeigekarte (Genauigkeit $\pm 5\%$), um die Feuchtigkeit der Innenverpackung zu überprüfen, um sicherzustellen, dass keine Feuchtigkeit eingedrungen ist.

Copyright and Legal Liability Statement

Während des Transports wird ein Temperatur- und Feuchtigkeitsrekorder installiert, um die Umgebungsbedingungen in Echtzeit zu überwachen und bei Anomalien Alarm zu schlagen.

Qualitätsmaßstäbe:

Anti-Vibrations-Maßnahmen müssen die Vibrations- und Schocktests nach ASTM D4169 bestehen, um sicherzustellen, dass der Tiegel während des Transports nicht beschädigt wird.

Die Feuchtigkeitsbeständigkeit entspricht der ISO 2233 (Feuchtigkeitsbeständigkeitstest für Verpackungen) und die Verpackungsbox bleibt auch in einer Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit trocken.

Der Transportprozess muss den Standards der IATA (International Air Transport Association) oder IMDG (International Maritime Dangerous Goods) entsprechen, um die Sicherheit zu gewährleisten.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie sorgt die stoßfeste Verpackung von Molybdäntiegeln dafür, dass während des Transports keine Mikrorisse entstehen und hohe Präzisionsanforderungen eingehalten werden.

Bei der Reinigung von Edelmetallen verhindern feuchtigkeitsbeständige Verpackungen die Oxidation der Tiegeloberfläche und sorgen für Sauberkeit vor dem Gebrauch.

8.3 Speicherumgebung und -bedingungen

Molybdäntiegel müssen Temperatur, Feuchtigkeit, Sauberkeit und chemische Stabilität streng kontrollieren, um Oxidation, Kontamination oder Leistungseinbußen zu verhindern.

Temperatur und Luftfeuchtigkeit:

Temperaturregelung:

Die Lagerumgebung sollte eine konstante Temperatur (20-25 °C) aufrechterhalten, um Temperaturschwankungen zu vermeiden, die zu thermischer Belastung oder Kondensation führen können.

Verwenden Sie Klimaanlage oder Temperaturregler, um die Temperaturabweichung in einem sehr kleinen Bereich zu regeln.

Kontrolle der Luftfeuchtigkeit:

Die relative Luftfeuchtigkeit wird <40 %, vorzugsweise <20 %, gehalten, um zu verhindern, dass die Oberfläche des Molybdäntiegels Feuchtigkeit oder Oxidation aufnimmt.

Ausgestattet mit einem industriellen Luftentfeuchter oder Trockenschrank beträgt die Genauigkeit der Feuchtigkeitsüberwachung $\pm 2\%$.

In Bereichen mit hoher Luftfeuchtigkeit wird empfohlen, eine verschlossene Aufbewahrungsbox mit einem Trockenmittel im Inneren zu verwenden.

Monitor:

Installieren Sie einen Temperatur- und Feuchtigkeitsrekorder, um Umgebungsdaten in Echtzeit aufzuzeichnen und einen Alarm auszulösen, wenn eine Anomalie auftritt.

Überprüfen Sie die Lagerbereiche regelmäßig, um sicherzustellen, dass kein Wasser austritt oder Kondenswasser vorhanden ist.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Sauberkeit:

Anforderungen an die Umwelt:

Der Lagerbereich muss einen Reinheitsgrad von ISO 7 oder höher mit extrem niedriger Partikelkonzentration erreichen, um zu verhindern, dass Staub die Tiegeloberfläche verunreinigt.

Der Boden ist mit Epoxidharz beschichtet, das einen angemessenen Oberflächenwiderstand aufweist und die statische Adsorption von Partikeln reduziert.

Schutzmaßnahmen:

Der Tiegel sollte in einer verschlossenen Verpackung oder einem staubfreien Schrank gelagert und mit einer Staubschutzhülle oder Schutzhülle versehen werden.

Beim Betreten des Lagerbereichs müssen Sie staubfreie Kleidung, Masken und Handschuhe tragen und die Betriebsspezifikationen für Reinräume nach ISO 14644 einhalten.

Reinigung und Wartung:

Reinigen Sie die Lagerbereiche regelmäßig mit einem staubfreien Staubsauger oder einem feuchten Tuch, um Partikel von Böden und Regalen zu entfernen.

Vermeiden Sie die Verwendung flüchtiger Chemikalien in Lagerbereichen, um eine Gaskontamination zu vermeiden.

Chemische Stabilität:

Vermeiden Sie korrosive Gase:

Die Lagerumgebung muss frei von sauren Gasen (wie HCl, SO₂) oder oxidierenden Gasen (wie O₃) sein, und der Sauerstoffgehalt muss auf einem extrem niedrigen Niveau geregelt werden.

Verwenden Sie einen Luftreiniger oder Aktivkohlefilter, um potenzielle Schadstoffe zu entfernen.

Materialisolierung:

Der Tiegel ist von Metallböden oder Werkzeugen isoliert. Es wird empfohlen, Keramik- oder Kunststoffschalen zu verwenden, um Kontaktkorrosion zu vermeiden.

Es ist verboten, Tiegel zusammen mit anderen chemisch aktiven Materialien (wie Säuren und Laugen) zu lagern, um Kreuzkontaminationen zu vermeiden.

Aufteilung der Lagerung:

Gestaltung des Regals:

Verwenden Sie staubfreie Einlegeböden aus Edelstahl oder Kunststoff mit flacher Oberfläche und Korrosionsbeständigkeit.

Die Regale haben eine moderate Höhe (<2 m), lassen sich leicht be- und entladen und sind mit Kippsicherungen ausgestattet.

Spezifikation des Stapels:

Die Verpackungsboxen sollten in einer einzigen Schicht gestapelt werden, um Verformungen durch starken Druck zu vermeiden, und die Stapelhöhe sollte die Tragfähigkeit der Verpackungsboxen nicht überschreiten.

Zwischen den einzelnen Boxen sollte genügend Platz (>10 cm) sein, um die Belüftung und

Copyright and Legal Liability Statement

Inspektion zu erleichtern.

Identitätsmanagement:

Der Lagerbereich wird nach Charge und Modell in Abschnitte unterteilt und die Tiegelspezifikationen sowie das Lagerdatum sind gekennzeichnet.

Verwenden Sie Barcodes oder RFID-Tags, um Tiegelinformationen schnell zu identifizieren.

Qualitätsmaßstäbe:

Die Lagerumgebung muss der ISO 14644 (Reinraumstandard) und der ASTM E2352 (Spezifikation für die Hochtemperaturlagerung von Materialien) entsprechen.

Die Halbleiterindustrie erfordert extrem niedrige Partikelkonzentrationen in Lagerbereichen und chemische Verunreinigungen < 1 ppb.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von Silizium-Einkristallen verhindert die saubere Lagerumgebung des Molybdäntiegels eine Kontamination der Oberfläche und erfüllt hohe Reinheitsanforderungen.

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen für die Luft- und Raumfahrt verlängert die Lagerung bei konstanter Temperatur und niedriger Luftfeuchtigkeit die Lebensdauer des Tiegels und verringert das Oxidationsrisiko.

8.4 Bestandsverwaltung und Qualitätsverfolgung

Effektives Bestandsmanagement und Qualitätsverfolgung stellen sicher, dass der Lagerstatus von Molybdäntiegeln kontrollierbar und die Qualität rückverfolgbar ist, um den Produktionsanforderungen und Kundenanforderungen gerecht zu werden.

Bestandsverwaltung:

Lagerung nach Kategorien:

Tiegel werden je nach Modell, Größe, Material (z. B. reines Molybdän, dotiertes Molybdän) und Verwendungszweck (z. B. Kristallzüchtung, Verhüttung von Seltenen Erden) in unterschiedlichen Bereichen gelagert.

Nutzen Sie ein elektronisches Warenwirtschaftssystem, um die Chargennummer, die Lagerzeit und den Lagerort jedes Tiegels zu erfassen.

Erstes Betreten, Erstes Ausgehen (FIFO):

Befolgen Sie das First-in-First-out-Prinzip und geben Sie den Tiegeln, die zuvor gelagert wurden, Priorität, um Leistungseinbußen durch Langzeitlagerung zu vermeiden.

Führen Sie regelmäßige Bestandsprüfungen (alle 3-6 Monate) durch, um den Lagerstatus zu aktualisieren und abgelaufene oder beschädigte Tiegel zu entfernen.

Mengenkontrolle:

Legen Sie angemessene Lagerbestände auf der Grundlage von Produktionsplänen und Nachfrageprognosen fest, um Rückstände oder Engpässe zu vermeiden.

Ausgestattet mit einem automatisierten Inventarsystem zur schnellen Aktualisierung der

Copyright and Legal Liability Statement

Inventardaten durch Barcode- oder RFID-Scannen.

Qualitätsverfolgung:

Datensatz:

Jedem Tiegel liegt eine Qualitätsdatei bei, in der die Parameter des Produktionsprozesses (z. B. Sintertemperatur, Dotierungsverhältnis), die Testergebnisse (z. B. Reinheit, Dichte) und die Verpackungsinformationen aufgezeichnet sind.

Nutzen Sie Cloud-Computing-Plattformen, um qualitativ hochwertige Daten zu speichern, die den Fernzugriff und die gemeinsame Nutzung durch mehrere Parteien unterstützen.

Regelmäßige Inspektion:

Nehmen Sie alle 6-12 Monate Proben aus gelagerten Tiegeln, um die Oberflächenbeschaffenheit (Kratzer, Oxidation), die Unversehrtheit der Verpackung und die Luftfeuchtigkeit zu überprüfen.

Verwenden Sie ein optisches Mikroskop (50-200-fache Vergrößerung), um Oberflächenfehler zu erkennen, und XPS, um die chemische Zusammensetzung zu analysieren, um zu bestätigen, dass keine Kontamination vorliegt.

Nachvollziehbarkeit:

Jedem Tiegel ist ein eindeutiger Identifikationscode (QR-Code oder RFID) zugeordnet, der mit den gesamten Prozessdaten von Produktion, Transport und Lagerung verknüpft ist.

Wenn Qualitätsprobleme auftreten, können sie auf bestimmte Chargen und Prozessverknüpfungen zurückgeführt werden, um die Ursachen schnell zu lokalisieren.

Feedback-Mechanismus:

Sammeln Sie Kundenfeedback und erfassen Sie die Leistung von Tiegeln in realen Anwendungen (z. B. Lebensdauer und Korrosionsbeständigkeit).

Analysieren Sie Feedback-Daten, optimieren Sie die Lagerbedingungen und das Verpackungsdesign und verbessern Sie die Produktqualität.

Digitales Management:

Bestandsverwaltungssystem:

Integrieren Sie ERP (Enterprise Resource Planning) oder WMS (Warehouse Management System), um den Bestandsstatus in Echtzeit zu überwachen und automatisch eingehende, ausgehende und Bestandsberichte zu erstellen.

Unterstützt den mobilen Betrieb, so dass Vor-Ort-Manager Daten schnell abfragen und aktualisieren können.

Internet der Dinge (IoT):

Der Lagerbereich ist mit Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren sowie RFID-Lesegeräten ausgestattet, um Umweltdaten in Echtzeit in die Cloud hochzuladen.

Wenn eine Anomalie auftritt (z. B. übermäßige Luftfeuchtigkeit oder Temperaturschwankungen), schlägt das System automatisch Alarm und fordert das Managementpersonal auf, Maßnahmen zu ergreifen.

Copyright and Legal Liability Statement

Datenanalyse:

Nutzen Sie Big-Data-Analysen, um die Lagerdauer von Tiegeln vorherzusagen und den Lagerumschlag zu optimieren.

Richten Sie eine Qualitätsdatenbank ein, um die Auswirkungen der Langzeitspeicherung auf die Leistung von Tiegeln zu analysieren und Anleitungen für Verbesserungen bereitzustellen.

Qualitätsmaßstäbe:

Das Bestandsmanagement muss den Normen ISO 9001 (Qualitätsmanagementsystem) und ISO 28000 (Sicherheitsmanagement in der Lieferkette) entsprechen.

Die Qualitätsüberwachung muss ASTM B386 (Molybdän-Materialstandard) und SEMI E170 (Clean Packaging Standard) erfüllen.

Die Rückverfolgbarkeit entspricht der ISO 8000 (Datenqualitätsnorm), die die Integrität und Genauigkeit der Daten gewährleistet.

Nutzanwendung:

In der Seltenerdschmelzindustrie sorgt ein digitales Bestandsmanagement für eine schnelle Versorgung mit Molybdän-Tiegeln und reduziert Produktionsunterbrechungen.

In der Halbleiterindustrie stellt das Qualitätsverfolgungssystem sicher, dass der Tiegel von der Lagerung bis zur Verwendung frei von Verunreinigungen ist und hohe Reinheitsanforderungen erfüllt.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Kapitel 9 Nachhaltigkeit und Recycling von Molybdäntiegeln

Molybdän-Tiegel sind in High-End-Industrien wie der Kristallzüchtung, der Seltenerdschmelze und der Halbleiterherstellung unverzichtbar, aber ihre Herstellung und Verwendung ist mit einem hohen Energieverbrauch, Ressourcenverbrauch und potenziellen Umweltauswirkungen verbunden. Mit dem weltweiten Schwerpunkt auf nachhaltiger Entwicklung sind die Herstellung, Rückgewinnung und das Recycling von Molybdäntiegeln in den Fokus der Industrie gerückt. In diesem Kapitel werden die Nachhaltigkeit und das Recycling von Molybdäntiegeln im Detail erörtert, wobei es sich um Energieeinsparung und Emissionsreduzierung, Abfallrecyclingtechnologie, wirtschaftliche und ökologische Vorteile des Recyclings, Trends und Praktiken in der umweltfreundlichen Fertigung handelt und umfassende technische und strategische Anleitungen unter Bezugnahme auf globale Industriestandards, akademische Forschung und Best Practices geboten werden.

9.1 Energieeinsparung und Emissionsreduzierung

Molybdäntiegel sind mit Prozessen mit hohem Energieverbrauch verbunden (z. B. Rösten, Sintern, Schmieden), was höhere Anforderungen an die Energieeffizienz und die Emissionskontrolle stellt. Energieeinsparung und Emissionsreduzierung sind der Schlüssel zu einer nachhaltigen Produktion.

Maßnahmen zur Energieeinsparung:

Prozessoptimierung:

Verwenden Sie hocheffiziente Röstgeräte (z. B. Mehrkammeröfen oder Drehrohröfen), um die Energienutzung durch präzise Temperaturregelung und Wärmerückgewinnungssysteme zu verbessern.

Verwenden Sie einen Hochtemperatur-Vakuum-Sinterofen, der mit Heatpipes oder Strahlenschutz ausgestattet ist, um den Wärmeverlust zu reduzieren.

Optimieren Sie Schmiede- und Spinnprozesse, reduzieren Sie wiederholte Erhitzungs- und Verarbeitungsschritte und verkürzen Sie Produktionszyklen.

Ausrüstungs-Upgrade:

Führen Sie Motoren mit variabler Frequenz und intelligente Steuerungssysteme ein, um die Leistung der Geräte dynamisch anzupassen und den Standby-Energieverbrauch zu reduzieren.

Verwenden Sie eine induktive Erwärmung anstelle einer Widerstandserwärmung, um die Heizeffizienz zu verbessern und den Stromverbrauch zu senken.

Ausgestattet mit einem Energiemanagementsystem zur Überwachung des Energieverbrauchs in der Produktion, zur Identifizierung und Beseitigung von Energieverschwendung.

Erneuerbare Energie:

Integrieren Sie Solar-, Wind- oder Geothermie in Produktionsanlagen, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern.

Geben Sie Ökostromanbietern Vorrang und stellen Sie sicher, dass die Energiequellen kohlenstoffarme Standards erfüllen.

Strategien zur Emissionsreduzierung:

Copyright and Legal Liability Statement

Abgasbehandlung: Die während des Röstprozesses anfallenden Abgase werden durch Nassentschwefelung behandelt und in ein Calciumsulfat-Nebenprodukt umgewandelt.

Flüchtige organische Verbindungen (VOCs) aus dem Sintern und der thermischen Verarbeitung werden mittels Aktivkohleadsorption oder katalytischer Verbrennungstechnologie entfernt.

Ausgestattet mit hocheffizienten Staubabscheidern (z. B. Schlauchfiltern oder elektrostatischen Staubabscheidern), um Staubpartikel aufzufangen und Luftverschmutzung zu verhindern.

Abwassermanagement:

Das saure Abwasser, das durch chemische Reinigung und Oberflächenbehandlung entsteht, wird durch Neutralisation, Fällung und Filtration behandelt, um nützliche Substanzen wie Ammoniummolybdat zurückzugewinnen.

Verwenden Sie ein geschlossenes Wasserkreislaufsystem, um den Wasserverbrauch und die Abwassereinleitung zu reduzieren.

Kontrolle des CO₂-Fußabdrucks:

Molybdän-Tiegel von der Rohstoffgewinnung bis zur Herstellung werden im Rahmen einer Ökobilanz (LCA) analysiert, um die wichtigsten Punkte zur Emissionsreduzierung zu identifizieren. Optimieren Sie Lieferketten und wählen Sie kohlenstoffarme Transportmethoden (z. B. Schiene oder Elektro-Lkw), um Logistikemissionen zu reduzieren.

Umsetzung von Klimaneutralitätsprogrammen, wie z. B. CO₂-Kompensation oder Wiederaufforstung, um CO₂-Emissionen in der Produktion auszugleichen.

Überwachung und Berichterstattung:

Installieren Sie ein Energieverbrauchsüberwachungssystem, um den Energieverbrauch jedes Prozesses aufzuzeichnen und Berichte über Energieeinsparungen zu erstellen.

Ausgestattet mit Emissionsüberwachungsgeräten zur Erkennung von SO₂-, NO_x- und Feinstaubkonzentrationen in Echtzeit, um die Einhaltung der Emissionsnormen zu gewährleisten.

Reichen Sie regelmäßig Umweltberichte ein und halten Sie sich an die ISO 14001 (Umweltmanagementsystem) und die lokalen Umweltvorschriften.

Qualitätsmaßstäbe:

Energiesparmaßnahmen müssen der ISO 50001 (Energiemanagementsystem) entsprechen, um eine kontinuierliche Verbesserung der Energieeffizienz zu gewährleisten.

Emissionsreduktionen müssen der EU-REACH-Verordnung und China GB 28662 (Emissionsnormen für die Nichteisenmetallindustrie) entsprechen.

Die Bewertung des CO₂-Fußabdrucks bezieht sich auf die ISO 14067 (Norm für den CO₂-Fußabdruck von Produkten).

Nutzanwendung:

In der Saphirkristall-Züchtungsindustrie senken Wärmerückgewinnungssysteme in hocheffizienten Sinteröfen den Energieverbrauch erheblich und verbessern die Nachhaltigkeit der Produktion.

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden reduziert die Abgasbehandlungstechnologie die SO₂-Emissionen und verbessert die Umweltqualität rund um die Fabrik.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

9.2 Abfallrecycling-Technologie

Die bei der Herstellung und Verwendung von Molybdäntiegeln anfallenden Abfallstoffe (wie Schrotte, Abfalltiegel und Pulver) sind wertvolle Ressourcen. Fortschrittliche Recyclingtechnologien können eingesetzt werden, um Ressourcen zu recyceln und Kosten und Umweltauswirkungen zu reduzieren.

Einstufung der Abfälle:

Produktionsabfälle:

Dazu gehören Molybdänpulver, Sinterrückstände, Schmiedeabfälle und Bearbeitungsspäne, die von nicht qualifizierten Produkten oder Abfallstoffen im Produktionsprozess stammen.

Eigenschaften: hohe Reinheit, geringer Gehalt an Verunreinigungen, geeignet für die direkte Rückgewinnung.

Post-Consumer-Abfälle:

Umfasst verschrottete Tiegel, Oberflächenbeschichtungsflöcken und Schmelzrückstände, die von gebrauchten Tiegeln stammen.

Merkmale: Kann Schmelzverunreinigungen (wie Aluminiumoxid, Seltenerdmetalle) enthalten und muss vorbehandelt werden.

Kategorien-Management:

Lagern Sie Abfallstoffe je nach Quelle, Zusammensetzung und Verschmutzungsgrad mit versiegelten Behältern und durchsichtigen Etiketten.

Ausgestattet mit speziellen Recyclingbereichen, um eine Kreuzkontamination von Abfallstoffen mit der Produktionsumgebung zu vermeiden.

Recycling-Technologie:

Physikalisches Recycling:

Mechanische Trennung: Verwenden Sie Brecher und Vibrationssiebe, um die Molybdänmatrix und die Oberflächenbeschichtung (z. B. MoSi_2) im verbrauchten Tiegel zu trennen und hochreine Molybdänfragmente zurückzugewinnen.

Magnetische Abscheidung und Flotation: Entfernen Sie Verunreinigungen wie Eisen und Silizium aus Abfallstoffen und verbessern Sie die Molybdänrückgewinnungsrate.

Sieben und Mahlen: Mahlen Sie die zurückgewonnenen Molybdänfragmente zu Pulver, dessen Partikelgröße im Mikrometerbereich gesteuert wird und das für das erneute Sintern geeignet ist.

Chemisches Recycling:

Die Molybdänverbindungen im Abfall zur Herstellung von Ammoniummolybdatlösung, die gefiltert wird, um unlösliche Verunreinigungen (wie SiO_2) zu entfernen.

Ammoniak-Auflösung: Molybdänoxid (MoO_3) reagiert mit Ammoniakwasser zu hochreinem Ammoniummolybdat, das dann kristallisiert und kalziniert wird, um Molybdänpulver zurückzugewinnen.

Molybdän wird durch Elektrolyse aus einer Abfallflüssigkeit gewonnen, die sich zur Rückgewinnung von niedrig konzentrierter Molybdänlösung eignet.

Copyright and Legal Liability Statement

Metallurgische Rückgewinnung:

Molybdänmaterialien im Vakuum oder in Wasserstoffatmosphäre zur Entfernung flüchtiger Verunreinigungen und zur Herstellung von hochreinen Molybdänbarren.

Plasmaraffination: Durch die Verwendung eines Plasmalichtbogens zum Schmelzen des Schrotts wird das Molybdän weiter gereinigt, um extrem reines Molybdänmetall herzustellen.

Regionale Verhüttung: Durch lokale Hochtemperatur und mehrfache Reinigung eignet es sich für die Herstellung von Molybdänmaterialien in Halbleiterqualität.

Optimierung des Recyclingprozesses:

Vorbehandlung: Reinigung bei hohen Temperaturen (1000-1200°C, Vakuum oder Wasserstoffatmosphäre) von gebrauchten Abfällen zur Entfernung von Schmelzerückständen und Beschichtungen.

Automatisierung: Einführung automatisierter Sortiergeräte (z. B. Röntgensortierer), um die Effizienz und Reinheit der Abfallsortierung zu verbessern.

Geschlossenes Kreislaufsystem: Der Recyclingprozess ist in den Produktionsprozess integriert, und das zurückgewonnene Molybdänpulver wird direkt bei der Herstellung neuer Tiegel verwendet, wodurch Ressourcenverschwendung reduziert wird.

Qualitätskontrolle:

Recyceltes Molybdänpulver muss auf Reinheit (>99,95 %), Partikelgröße (Mikrometergehalt) und Verunreinigungsgehalt (C, O, N <0,01 %) getestet werden.

mittels ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma).

Recycelte Materialien müssen Leistungstests (z. B. Dichte und Härte) bestehen, um sicherzustellen, dass sie den ASTM B386-Standards entsprechen.

Qualitätsmaßstäbe:

Recyclingtechnologien müssen den Anforderungen der ISO 14040 (Ökobilanz) und der ISO 14044 (Umweltmanagement) entsprechen.

Die Abfallentsorgung muss der EU-WEEE-Richtlinie (Elektro- und Elektronik-Altgeräte) und dem chinesischen Gesetz zur Vermeidung und Kontrolle der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle entsprechen.

Das Ziel der Recyclingquote erreicht ein hohes Niveau, um die Ressourcenverschwendung zu reduzieren.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie wird durch die chemische Recyclingtechnologie von Molybdän-Alttiegeln hochreines Molybdänpulver hergestellt, um die Anforderungen der Silizium-Einkristallproduktion zu erfüllen.

Bei der Edelmetallreinigung wandelt die metallurgische Recyclingtechnologie Abfalltiegel in Molybdänbarren um und senkt so die Produktionskosten.

9.3 Wirtschaftliche und ökologische Vorteile des Recyclings

Das Recycling von Molybdän-Tiegelabfällen senkt nicht nur den Ressourcenverbrauch und die

Copyright and Legal Liability Statement

Produktionskosten, sondern bringt auch erhebliche ökologische und soziale Vorteile mit sich und fördert die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft.

Wirtschaftliche Vorteile:

Kosteneinsparung:

Das Recycling von Molybdänabfällen ist viel geringer als die Gewinnung von neuem Molybdän aus Molybdänit, wodurch die Kosten für den Einkauf von Rohstoffen eingespart werden.

Geschlossene Recyclingsysteme reduzieren die Kosten für Abfallbehandlung und -entsorgung und optimieren die Effizienz der Lieferkette.

Ressourceneffizienz:

Recycling reduziert den Bedarf für den Abbau von Molybdänerz und verlängert die Lebensdauer von Seltenmetallressourcen.

Recyceltes Molybdänpulver kann direkt in der Produktion verwendet werden, wodurch der Herstellungszyklus verkürzt und die Produktionskapazität erhöht wird.

Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt:

Das Angebot nachhaltiger Produkte zieht umweltbewusste Kunden an und stärkt Ihr Markenimage. Einhaltung von Standards für umweltfreundliche Beschaffung und Erschließung von High-End-Märkten (z. B. Halbleiter und Luft- und Raumfahrt).

Vorteile für die Umwelt:

Schutz der Ressourcen:

Reduzieren Sie den Molybdänabbau, reduzieren Sie die Bodenzerstörung, die Anhäufung von Abraumhalden und die ökologischen Auswirkungen.

Recycling reduziert die Abhängigkeit von seltenen Metallen und schont nicht erneuerbare Ressourcen.

Reduzierung der Umweltverschmutzung:

Der Recyclingprozess verbraucht weniger Energie als die Primärmolybdänproduktion und reduziert den Ausstoß von CO₂, SO₂ und anderen Schadstoffen.

Durch die fachgerechte Abfallentsorgung werden Boden- und Wasserverschmutzungen vermieden und die Umweltqualität verbessert.

Energieeinsparung:

Recyceltes Molybdän ist viel geringer als das der primären Molybdänraffination, was den Kohlenstoff-Fußabdruck der Produktion reduziert.

Effiziente Rückgewinnungstechnologien wie die Plasmaraffination senken den Energieverbrauch weiter.

Soziale Vorteile:

Karrierechancen:

Die Verwertungs- und Recyclingindustrie schafft Arbeitsplätze und umfasst die Sammlung,

Copyright and Legal Liability Statement

Sortierung und Verarbeitung von Abfällen.

Förderung der Forschung und Entwicklung grüner Technologien und Anwerbung hochqualifizierter Talente.

Auswirkungen auf die Gemeinschaft:

Verringerung der Eingriffe des Bergbaus in die lokalen Gemeinden und Verbesserung der Lebensqualität der Bewohner.

Grüne Produktion stärkt das Image der Corporate Social Responsibility (CSR) und gewinnt die Unterstützung der Gemeinschaft.

Modell der Kreislaufwirtschaft:

Geschlossene Lieferkette:

Etablieren Sie ein geschlossenes Kreislaufsystem von der Produktion über das Recycling bis hin zur Wiederverwendung, um den Wert der Ressourcen zu maximieren.

Arbeiten Sie mit Lieferanten und Kunden zusammen, um ein Abfallrecyclingnetzwerk aufzubauen, das eine stabile Versorgung gewährleistet.

Politische Unterstützung:

Nutzen Sie staatliche Subventionen und steuerliche Anreize, um Unternehmen zu ermutigen, in Recyclingtechnologie und umweltfreundliche Produktion zu investieren.

Nehmen Sie an Pilotprojekten der Kreislaufwirtschaft teil und tauschen Sie Best Practices aus.

Digitales Management:

Nutzen Sie die Blockchain-Technologie, um den Lebenszyklus von Molybdän-Tiegeln zu verfolgen und so sicherzustellen, dass der Recyclingprozess transparent und rückverfolgbar ist.

Implementieren Sie Datenanalysen, um die Recyclingeffizienz und die Ressourcenallokation zu optimieren.

Qualitätsmaßstäbe:

Das Recycling muss den Normen ISO 14021 (Umweltkennzeichnung und -deklarationen) und ISO 14064 (Bilanzierung von Treibhausgasen) entsprechen.

Die Bewertung des wirtschaftlichen Nutzens bezieht sich auf die Leitlinien des UNEP (Umweltprogramm der Vereinten Nationen) zur Kreislaufwirtschaft.

Der Nutzen für die Umwelt muss durch LCA (Life Cycle Assessment) gemäß den Normen ISO 14040 quantifiziert werden.

Nutzanwendung:

In der Seltenerdschmelzindustrie senkt das Recycling von Molybdän-Tiegelabfällen die Produktionskosten und reduziert gleichzeitig die Rückstandsemissionen.

Bei der Herstellung von Hochtemperaturlegierungen in der Luft- und Raumfahrt unterstützt das Recycling von Molybdäntiegeln eine umweltfreundliche Lieferkette und erfüllt die Nachhaltigkeitsziele der Branche.

Copyright and Legal Liability Statement

9.4 Trends und Praktiken in der grünen Fertigung

Die umweltfreundliche Fertigung ist die zukünftige Richtung für die Molybdän-Tiegelindustrie, um eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen, die technologische Innovation, intelligente Produktion und ökologisches Design umfasst und den Wandel der Branche hin zu kohlenstoffarmen und umweltfreundlichen Produkten fördert.

Technologische Innovation:

Prozess mit niedrigem Energieverbrauch:

Entwicklung der Plasmazerstäubungstechnologie zur Herstellung von hochreinem Molybdänpulver und zur Reduzierung des Energieverbrauchs durch Reduktion und Mahlen.

Verwenden Sie die lasergestützte Bearbeitung anstelle des herkömmlichen Schneidens, um den Energieverbrauch und die Abfallerzeugung zu reduzieren.

Saubere Produktion:

Verwenden Sie lösungsmittelfreie Oberflächenbehandlungstechnologien (z. B. Plasmaspritzen), um den Chemikalienverbrauch und den Abfallausstoß zu reduzieren.

Entwicklung von Reinigungsmitteln auf Wasserbasis, um saure Reinigungslösungen zu ersetzen und Umweltrisiken zu reduzieren.

Grüne Materialien:

Forschung und Entwicklung von Verbundwerkstoffen auf Molybdänbasis (z. B. Mo-Re-Legierungen), um die Haltbarkeit von Tiegeln zu verbessern und ihre Lebensdauer zu verlängern.

Verwenden Sie recycelbare Verpackungsmaterialien, wie z. B. biologisch abbaubare Kunststoffe, um Verpackungsmüll zu reduzieren.

Intelligente Produktion:

Industrie 4.0:

Einführung des Internets der Dinge (IoT) und Sensoren zur Überwachung des Energieverbrauchs, der Emissionen und des Abfallaufkommens während der Produktion in Echtzeit.

Nutzen Sie künstliche Intelligenz (IDEALIZED AI), um Prozessparameter zu optimieren und Ressourcenverschwendung zu reduzieren.

Digitaler Zwilling:

Erstellen Sie ein virtuelles Modell des Produktionsprozesses für Molybdäntiegel, simulieren Sie die Energieeinsparungs- und Emissionsreduzierungseffekte und leiten Sie Prozessverbesserungen an. Prognostizieren Sie den Wartungsbedarf von Geräten, um Ausfallzeiten und Energieverschwendung zu reduzieren.

Automatisierung:

Setzen Sie Roboter und automatisierte Montagelinien ein, um die Produktionseffizienz zu verbessern und Abfall bei manuellen Vorgängen zu reduzieren.

Nutzen Sie intelligente Sortieranlagen, um den Abfallrecyclingprozess zu optimieren und die Recyclingquote zu verbessern.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Ökodesign:

Produktgestaltung:

Das modulare Design des Molybdäntiegels ist leicht zu zerlegen und zu recyceln, wodurch Abfall reduziert wird.

Optimieren Sie die Tiegelgeometrie, um den Materialverbrauch bei gleichbleibender Leistung zu reduzieren.

Lebenszyklus-Management:

Die Umweltauswirkungen von Tiegeln von der Produktion bis zum Recycling werden durch LCA bewertet, und kohlenstoffarme Prozesse werden bevorzugt.

Entwerfen Sie recycelbare Tiegel, um mehrfaches Recycling und Wiederaufbereitung zu unterstützen.

Grüne Zertifizierung:

Beantragen Sie die Zertifizierung nach ISO 14001, um nachzuweisen, dass der Produktionsprozess den Umweltmanagementstandards entspricht.

Erhalten Sie eine EPD (Environmental Product Declaration), um den Kunden die Umweltleistung des Tiegels zu zeigen.

Branchenpraxis:

Zusammenarbeit und Teilen:

Zusammenarbeit mit vor- und nachgelagerten Unternehmen, um ein Netzwerk für das Recycling von Molybdänabfällen aufzubauen und Recyclinganlagen und -daten auszutauschen.

Beteiligen Sie sich an Branchenallianzen, wie z. B. der International Molybdenum Association, um Best Practices für eine umweltfreundliche Fertigung zu fördern.

Politische Treiber:

Als Reaktion auf die globalen Ziele der Klimaneutralität (wie z. B. den EU-Plan zur Klimaneutralität bis 2050) sollten Sie einen Fahrplan für die Kohlenstoffreduzierung von Unternehmen entwickeln.

Profitieren Sie von staatlichen Subventionen für umweltfreundliche Produktion und investieren Sie in energiesparende Geräte und Recyclingtechnologien.

Verbrauchererziehung:

Akzeptanz von nachhaltigen Molybdän-Tiegeln durch Förderung grüner Produktvorteile .

Stellen Sie Recyclinganweisungen bereit, um Kunden zu ermutigen, gebrauchte Tiegel an den Lieferanten zurückzugeben.

Qualitätsmaßstäbe:

Eine umweltfreundliche Produktion muss den Normen ISO 14001 (Umweltmanagementsystem) und ISO 50001 (Energiemanagementsystem) entsprechen.

Technologische Innovation bezieht sich auf IEC 62474 (Material Declaration Standard), um sicherzustellen, dass die Materialien umweltfreundlich sind.

Copyright and Legal Liability Statement

Ökodesign muss der ISO 14006 (Ökodesign-Leitlinien) entsprechen.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie reduzieren intelligente Produktion und Ökodesign den CO₂-Fußabdruck der Herstellung von Molybdäntiegeln und erfüllen die Anforderungen an eine umweltfreundliche Lieferkette.

Bei der Züchtung von Saphirkristallen senken Prozesse mit niedrigem Energieverbrauch und Abfallrecyclingtechnologien die Produktionskosten und verbessern die Vorteile für die Umwelt.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Kapitel 10 Technische Herausforderungen und zukünftige Entwicklungen im Molybdän-Tiegel

Molybdäntiegel spielen aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts (2623 °C), ihrer hervorragenden Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit eine unersetzliche Rolle in High-End-Bereichen wie der Saphirkristallzüchtung, der Seltenerdschmelze, der Halbleiterherstellung, der Luft- und Raumfahrt usw. Mit der Komplexität der Anwendungsszenarien und der Verbesserung der Leistungsanforderungen stehen die Herstellung und Verwendung von Molybdäntiegeln jedoch vor mehreren technischen Herausforderungen, darunter Antioxidationsleistung, komplexe Formherstellung und Kostenkontrolle. Gleichzeitig hat die rasante Entwicklung neuer Materialien, neuer Technologien, intelligenter Produktion und grüner Fertigung breite Perspektiven für die Zukunft von Molybdäntiegeln eröffnet. In diesem Kapitel werden die technischen Herausforderungen und zukünftigen Entwicklungsrichtungen von Molybdäntiegeln ausführlich erörtert, wobei technische Herausforderungen, neue Materialien und Technologien, intelligente und

Copyright and Legal Liability Statement

umweltfreundliche Fertigung sowie zukünftige Trends behandelt werden. Es bezieht sich auf globale akademische Forschung, Industriestandards und modernste Praktiken, um eine umfassende technische Analyse und einen strategischen Ausblick zu bieten.

10.1 Technische Herausforderungen

Molybdäntiegel müssen den Herausforderungen gerecht werden, die hohe Temperaturen, Korrosion und komplexe Prozessumgebungen mit sich bringen. Die folgende Analyse wird unter drei Aspekten durchgeführt: Antioxidationsleistung, komplexe Formherstellung und Kostenkontrolle.

10.1.1 Antioxidative Eigenschaften

Molybdän reagiert bei hohen Temperaturen ($>600\text{ }^{\circ}\text{C}$) leicht mit Sauerstoff zu flüchtigem Molybdänoxid (MoO_3), was zu einer Degradation der Tiegeloberfläche, einem Waddickenverlust und einer Leistungsminderung führt. Dieses Problem tritt besonders in Umgebungen ohne Vakuum oder nicht inerte Atmosphäre auf.

Beschreibung der Herausforderung:

Oxidationsmechanismus: Molybdän bildet MoO_3 in einer oxidierenden Hochtemperaturumgebung, das sich verflüchtigt und Poren verlässt, was zu einer Oberflächenrauheit und verminderter Festigkeit führt. Beim Wachstum von Saphirkristallen können Spuren von Sauerstoff dazu führen, dass sich die Tiegeloberfläche ablöst und die Schmelze verunreinigt.

Schwierigkeit der Atmosphärenkontrolle: Selbst im Vakuum ($<10^{-3}\text{ Pa}$) oder in hochreiner inerter Atmosphäre (Argon, Sauerstoffgehalt $<10\text{ ppm}$) ist eine Spurensauerstoffinfiltration immer noch schwer vollständig zu vermeiden, insbesondere in großen Öfen oder im Langzeitbetrieb.

Einschränkungen der Beschichtung: Aktuelle Antioxidationsbeschichtungen (wie MoSi_2 und ZrO_2) können sich bei extrem hohen Temperaturen ($>1800\text{ }^{\circ}\text{C}$) ablösen oder reißen, wodurch die Schutzwirkung verringert wird. Die Haftfestigkeit und der Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen der Beschichtung und dem Substrat müssen weiter optimiert werden.

Anwendungsszenarien: Bei der Verhüttung von Seltenen Erden oder der Reinigung von Edelmetallen kann der Tiegel komplexen Atmosphären ausgesetzt werden (z. B. solchen, die Spuren oxidierender Gase enthalten), und es ist eine höhere Antioxidationsleistung erforderlich.

Technische Schwierigkeiten:

Entwicklung einer oxidationsbeständigen Beschichtung, die extrem hohen Temperaturen ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) standhält und gleichzeitig eine gute Haftung zwischen der Beschichtung und dem Molybdänsubstrat beibehält.

Verbessern Sie die intrinsische Oxidationsbeständigkeit von Molybdänwerkstoffen und verringern Sie die Oxidationsempfindlichkeit durch Dotierung oder Legierung.

Entwickeln Sie effiziente Atmosphärenregelungssysteme, um den Sauerstoffgehalt und den Gasfluss präzise zu steuern und sich an dynamische Produktionsumgebungen anzupassen.

Bringen Sie die antioxidative Leistung mit den Kosten in Einklang, um sicherzustellen, dass die

Copyright and Legal Liability Statement

Lösungen für die Großproduktion geeignet sind.

Bewältigungsstrategien:

Oberflächenmodifikation: Verwenden Sie Plasmaspritzen oder chemische Gasphasenabscheidung (CVD), um mehrschichtige Verbundbeschichtungen (z. B. $\text{MoSi}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) herzustellen und so die Oxidationsbeständigkeit und thermische Stabilität zu verbessern.

Dotierungstechnologie: Durch die Dotierung mit Seltenerdoxiden (wie La_2O_3 und CeO_2) können die Molybdänkörner veredelt, die Stabilität der Korngrenze erhöht und die Oxidationsrate verlangsamt werden.

Atmosphärenoptimierung: Entwicklung eines intelligenten Atmosphärenregelungssystems, das ein Massenspektrometer und einen Sauerstoffsensor integriert, um die Gaszusammensetzung in Echtzeit anzupassen und den Sauerstoffgehalt extrem niedrig zu halten.

Testverifizierung: Einrichtung einer Hochtemperatur-Oxidationstestplattform zur Simulation der tatsächlichen Nutzungsbedingungen (1700-2050 °C, sauerstoffhaltige Atmosphäre) und Bewertung der Antioxidationslebensdauer von Beschichtungen und Materialien.

Nutzanwendung:

Bei der Züchtung von Saphirkristallen kann der mit Komposit beschichtete Molybdäntiegel der Erosion von Spuren von Sauerstoff wirksam widerstehen und seine Lebensdauer verlängern.

Bei der Hochtemperatur-Legierungsschmelze reduzieren molybdändotierte Tiegel die Oxidationsverluste und verringern das Risiko einer Schmelzekontamination.

10.1.2 Herstellung komplexer Formen

Die moderne Industrie stellt immer höhere Anforderungen an die geometrische Form und Maßgenauigkeit von Molybdäntiegeln, wie z. B. dünne Wände, große Durchmesser und speziell geformte Strukturen. Die Herstellung von Tiegeln mit komplexen Formen steht vor zahlreichen technischen Hindernissen.

Beschreibung der Herausforderung:

Materialeigenschaften: Die hohe Härte und die geringe Duktilität (hohe Sprödigkeit bei Raumtemperatur) von Molybdän erschweren die Verarbeitung, insbesondere bei der Herstellung von dünnwandigen (<5 mm) oder komplex geformten (z. B. konischen, trapezförmigen) Tiegeln, die anfällig für Risse oder Verformungen sind.

Umformtechnik: Herkömmliche Spinn-, Schmiede- und Schweißverfahren sind schwer zu erfüllen, hohe Präzisions- und komplexe Geometrieanforderungen, und es ist schwierig, eine gleichmäßige Wandstärke und Oberflächengüte zu gewährleisten.

Maßhaltigkeit: Große Tiegel (Durchmesser > 500 mm) erfordern Toleranzen im Mikrometerbereich, die mit bestehenden Verarbeitungsanlagen und Werkzeugkonstruktionen nur schwer zuverlässig zu

Copyright and Legal Liability Statement

erreichen sind.

Anwendungsanforderungen: Die Halbleiterindustrie benötigt ultradünnwandige Tiegel (<3 mm), um die Gleichmäßigkeit des thermischen Feldes zu optimieren, und die Luft- und Raumfahrtindustrie benötigt speziell geformte Tiegel, um sich an bestimmte Schmelzprozesse anzupassen.

Technische Schwierigkeiten:

Verbessern Sie die Bearbeitbarkeit von Molybdänmaterialien und verringern Sie die Rissneigung bei der Hochtemperaturverarbeitung.

Entwickeln Sie hochpräzise Formtechnologien, um die Fertigungsanforderungen komplexer Formen und dünnwandiger Strukturen zu erfüllen.

Optimieren Sie das Formendesign und die Verarbeitungspfade, um eine gleichmäßige Wandstärke und Oberflächenqualität zu gewährleisten.

Bringen Sie Fertigungspräzision und Produktionseffizienz in Einklang, um die Anforderungen der Massenproduktion zu erfüllen.

Bewältigungsstrategien:

Additive Fertigung: Entdecken Sie 3D-Drucktechnologien wie Laser Powder Bed Fusion (LPBF) oder Elektronenstrahlschmelzen (EBM), um komplexe Tiegelformen direkt zu formen und die anschließende Verarbeitung zu reduzieren.

Heißisostatisches Pressen (HIP): Die HIP-Technologie wird verwendet, um die Tiegeldichte und -gleichmäßigkeit zu verbessern, Formfehler zu reduzieren und eignet sich für dünnwandige Strukturen.

Präzisionsspinnen: Entwickeln Sie CNC-Spinnergeräte, die mit einem Echtzeitüberwachungssystem ausgestattet sind, um Wanddickenabweichungen und Oberflächenrauheit zu kontrollieren.

Werkzeugoptimierung: Entwerfen Sie mehrstufige Folgeverbundformen und kombinieren Sie die Finite-Elemente-Analyse (FEA), um den Formprozess zu simulieren und die Spannungsverteilung und den Materialfluss zu optimieren.

Nutzanwendung:

Beim Silizium-Einkristall-Czochralski-Verfahren erreichen 3D-gedruckte Molybdän-Tiegel ein komplexes thermisches Felddesign und verbessern die Kristallqualität.

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen für die Luft- und Raumfahrt wird die Präzisionsspinnentechnologie eingesetzt, um speziell geformte Tiegel herzustellen, die kundenspezifischen Anforderungen entsprechen.

10.1.3 Kostenkontrolle

Molybdäntiegel halten ihre Produktionskosten hoch, was ihre breite Anwendung in einigen Bereichen einschränkt. Gerade in dem hart umkämpften Markt wird die Kostenkontrolle zu einer zentralen Herausforderung.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

Beschreibung der Herausforderung:

Rohstoffkosten: Hochreines Molybdän (>99,95 %) ist teuer, und Dotierungselemente (wie CeO_2 , La_2O_3) und Antioxidationsbeschichtungen erhöhen die Kosten weiter.

Herstellungskosten: Prozesse mit hohem Energieverbrauch (z. B. Vakuumsintern, Plasmaspritzen) und komplexe Verarbeitungen (z. B. Präzisionsspinnen) führen zu hohen Produktionskosten.

Recyclingkosten: Das Recycling von Abfalltiegeln umfasst die chemische Behandlung und metallurgische Reinigung, was ein komplexer Prozess mit hohem Energieverbrauch ist.

Marktwettbewerb: Kostengünstige alternative Materialien (wie Graphit, Keramik) haben in bestimmten Anwendungen Preisvorteile, wodurch der Marktanteil des Molybdäntiegels gedrückt wird.

Technische Schwierigkeiten:

Reduzieren Sie die Beschaffungskosten für hochreines Molybdän und Dotierungsmaterialien bei gleichbleibender Leistung.

Optimieren Sie Produktionsprozesse, reduzieren Sie den Energieverbrauch und Abfall und verbessern Sie die Ressourcennutzung.

Entwicklung effizienter Recyclingtechnologien, um die Abfallentsorgungskosten zu senken und die Recyclingquoten zu erhöhen.

Molybdän-Tiegelprodukte, die für den mittleren und unteren Markt geeignet sind.

Bewältigungsstrategien:

Rohstoffoptimierung: Erkunden Sie kostengünstige Molybdänquellen (z. B. recycelte Molybdänabfälle) oder alternative Dotierungselemente (z. B. ZrO_2 anstelle von Seltenerdoxiden), um die Rohstoffkosten zu senken.

Prozessverbesserung: Verwenden Sie effiziente Sintertechnologien (z. B. Mikrowellensintern), um die Aufheizzeit zu verkürzen und den Energieverbrauch zu senken. Optimieren Sie die Verarbeitungswege und reduzieren Sie das Abfallaufkommen.

Großserienproduktion: Bauen Sie automatisierte Produktionslinien auf, um die Produktionseffizienz zu verbessern und die Stückkosten zu verteilen.

Recycling und Integration: Einrichtung eines geschlossenen Recyclingsystems zur direkten Umwandlung von Abfalltiegeln in hochreines Molybdänpulver, wodurch die Recyclingkosten gesenkt werden.

Nutzenanwendung:

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden senken automatisierte Produktionslinien und Abfallrecycling die Produktionskosten von Molybdäntiegeln und verbessern die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt.

Copyright and Legal Liability Statement

Bei der Reinigung von Edelmetallen senkt die Prozessoptimierung den Energieverbrauch und deckt den Kostenbedarf kleiner und mittlerer Unternehmen.

10.2 Neue Werkstoffe und Technologien

Die Einführung neuer Materialien und Technologien hat es ermöglicht, die Leistung zu verbessern und die Anwendung von Molybdäntiegeln zu erweitern. Unter drei Aspekten werden folgende Materialien diskutiert: molybdänbasierte Verbundwerkstoffe, Nanostrukturen und alternative Materialien.

10.2.1 Molybdän-basierte Verbundwerkstoffe

Molybdänbasierte Verbundwerkstoffe verbessern die mechanischen Eigenschaften, die Korrosionsbeständigkeit und die Oxidationsbeständigkeit von Tiegeln durch Zugabe von Verstärkungsphasen oder Funktionsphasen.

Materialausführung:

Molybdän-Seltenerd-Verbundwerkstoffe: dotiert mit La_2O_3 , CeO_2 oder Y_2O_3 , raffinierte Körner ($<50\text{ }\mu\text{m}$), verbesserte Hochtemperaturfestigkeit und Kriechbeständigkeit, geeignet für die Züchtung von Saphirkristallen (2050°C).

Molybdän - keramische Verbundwerkstoffe: Die Zugabe von SiC -, Al_2O_3 - oder ZrO_2 -Partikeln erhöht die Härte und Verschleißfestigkeit und verlängert die Lebensdauer des Tiegels in korrosiven Schmelzen (z. B. Seltenerdmetallen).

Molybdän-Metall-Verbundwerkstoffe: legiert mit Wolfram (Mo-W) oder Rhenium (Mo-Re) zur Verbesserung der Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit, geeignet für das Hochtemperaturschmelzen in der Luft- und Raumfahrt.

Fertigungstechnologie:

Pulvermetallurgie: Kompositstiegel werden durch Hochtemperaturesintern und Heißpressen hergestellt, um eine gleichmäßige Phasenverteilung zu gewährleisten.

Plasmaspritzen: Vorbereitung von Verbundschichten (z. B. $\text{MoSi}_2/\text{ZrO}_2$) zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Oberflächen.

Mechanisches Legieren: Verwenden Sie das Hochenergie-Kugelfräsen, um Verstärkungsphasen zu dotieren und das Gefüge des Materials zu optimieren.

Leistungsvorteile:

Die Hochtemperaturfestigkeit wird verbessert und die Kriechfestigkeit ist besser als bei reinem Molybdän.

Die Oxidationsbeständigkeit wird verbessert und die Lebensdauer der Beschichtung verlängert.

Verbesserte Korrosionsbeständigkeit, geeignet für eine Vielzahl von Schmelzumgebungen.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie verbessern Mo-Re-Kompositstiegel die Stabilität des thermischen Zyklus

Copyright and Legal Liability Statement

und erfüllen die Anforderungen der Silizium-Einkristallproduktion.

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden können Mo-SiC-Kompositstiegel der Erosion von geschmolzenem Neodym widerstehen und ihre Lebensdauer verlängern.

10.2.2 Nanostrukturen

Nanostrukturierte Molybdänmaterialien verbessern die mechanischen Eigenschaften und die Hochtemperaturstabilität von Tiegeln erheblich, indem sie die Korngröße und die Grenzflächeneigenschaften steuern.

Nanokristallines Molybdän:

Herstellungsverfahren: Nanoskaliges Molybdänpulver (Partikelgröße $<100\text{ nm}$) wird durch Plasmazerstäubung oder chemische Gasphasenabscheidung (CVD) hergestellt und durch Heißpressen zu Tiegeln gesintert.

Verbesserte Leistung: Die nanokristalline Struktur (Körner $<100\text{ nm}$) erhöht die Korngrenzdicke, verbessert die Festigkeit und Zähigkeit und reduziert das Kriechen bei hohen Temperaturen.

Herausforderung: Nanokristalline Materialien können bei ultrahohen Temperaturen ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) Kornwachstum erfahren, und die Korngrenzen müssen durch Dotierung stabilisiert werden.

Nano-Beschichtung:

Technologie: Nanoskalige Antioxidationsschichten (wie Al_2O_3 , Si_3N_4 , Dicke $10\text{-}100\text{ nm}$) werden mittels Atomlagenabscheidung (ALD) oder Magnetron-Sputtern hergestellt.

Vorteile: Die Nanobeschichtung ist dicht und gleichmäßig, der Wärmeausdehnungskoeffizient entspricht dem des Molybdänsubstrats und verbessert die Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit erheblich.

Anwendung: Zur Verlängerung der Lebensdauer von Tiegeln in sauerstoffhaltigen Atmosphären und zur Reduzierung von Schmelzekontaminationen.

Nanokomposite:

Design: Einführung von Nanopartikeln (wie ZrO_2 , SiC) als zweite Phase, um die mechanischen Eigenschaften und die thermische Stabilität der Mo-Matrix zu verbessern.

Herstellung: Hergestellt durch mechanisches Legieren und heißisostatisches Pressen (HIP), um eine gleichmäßige Dispersion der Nanopartikel zu erreichen.

Leistung: Verbessern Sie die Risswachstumsbeständigkeit und verlängern Sie die Lebensdauer der Tiegelermüdung.

Nutzanwendung:

Bei der Züchtung von Saphirkristallen reduzieren nanokristalline Molybdän-Tiegel thermische

Copyright and Legal Liability Statement

Spannungsrisse und verbessern die Kristallqualität.

In der Luft- und Raumfahrt widerstehen nanobeschichtete Tiegel der Hochtemperaturoxidation und erfüllen die Anforderungen extremer Umgebungen.

10.2.3 Alternative Werkstoffe

Obwohl Molybdäntiegel eine hervorragende Leistung bieten, können alternative Materialien in einigen Anwendungen ein besseres Kosten-Leistungs-Verhältnis oder spezifische Leistungsvorteile bieten.

Wolfram (W):

Eigenschaften: Höherer Schmelzpunkt (3422 ° C), bessere Korrosionsbeständigkeit als Molybdän, geeignet für Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen (>2200 ° C).

Einschränkungen: Hohe Dichte (19,25 g/cm³), schwer zu verarbeiten, teurer als Molybdän.

Anwendung: Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen in der Luft- und Raumfahrt, teilweiser Ersatz des Molybdäntiegels.

Keramische Werkstoffe:

Typen: Aluminiumoxid (Al₂O₃), Zirkonoxid (ZrO₂), Bornitrid (BN).

Eigenschaften: Hohe chemische Stabilität, starke Korrosionsbeständigkeit, niedrige Kosten, aber begrenzte Hochtemperaturfestigkeit (<2000°C).

Anwendung: Schmelzen von Seltenen Erden im unteren bis mittleren Preissegment oder Reinigung von Edelmetallen, Ersatz einiger Molybdäntiegel.

Graphit:

Eigenschaften: niedrige Kosten, einfache Verarbeitung, hohe Wärmeleitfähigkeit, aber leicht zu oxidieren und müssen im Vakuum oder in inerter Atmosphäre verwendet werden.

Anwendung: Kostengünstiges Schmelzen von Silizium, teilweiser Ersatz des Molybdäntiegels.

Verbesserung: Graphit wird mit einer SiC- oder BN-Schicht beschichtet, um die Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Verbundmaterialien:

Ausführung: Wolfram-Keramik-Verbundwerkstoff oder Graphit-Molybdän-Verbundwerkstoff, der die Vorteile beider kombiniert.

Vorteile: Ausgewogenheit zwischen Leistung und Kosten bei hohen Temperaturen und für spezifische Anwendungen.

Anwendungen: Herstellung von Hochtemperaturlegierungen und Kristallwachstum.

Nutzanwendung:

Bei der Reinigung von Edelmetallen dienen Zirkonoxid-Tiegel als kostengünstige Alternative, um den Bedarf kleiner und mittlerer Unternehmen zu decken.

In der Luft- und Raumfahrt werden Wolframtiegel für das Ultrahochtemperaturschmelzen verwendet, um die Temperaturbegrenzung von Molybdäntiegeln auszugleichen.

Copyright and Legal Liability Statement

10.3 Intelligente und umweltfreundliche Fertigung

Intelligente und umweltfreundliche Fertigung sind die Schlüsselrichtungen für die Molybdän-Tiegelindustrie, um technologische Herausforderungen und eine nachhaltige Entwicklung zu bewältigen. Dabei werden drei Aspekte diskutiert: intelligentes Monitoring, Energieeinsparung und Umweltschutz sowie Abfallrecycling.

10.3.1 Intelligent Monitoring

Herstellung und Verwendung von Molybdän-Tiegeln durch Sensoren, das Internet der Dinge (IoT) und künstliche Intelligenz (KI).

Produktionsüberwachung:

Sensornetzwerk: Setzen Sie Temperatur-, Druck- und Vibrationssensoren in Sinteröfen, Spinnmaschinen und Beschichtungsanlagen ein, um Prozessparameter in Echtzeit zu erfassen.

Datenanalyse: Verwenden Sie KI-Algorithmen, um Sensordaten zu analysieren, Geräteausfälle vorherzusagen und Prozessparameter (z. B. Sintertemperatur und Schleudergeschwindigkeit) zu optimieren.

Digitaler Zwilling: Erstellen Sie ein virtuelles Modell des Tiegelproduktionsprozesses, um thermische Felder, Spannungsverteilung und Materialfluss zu simulieren und Prozessverbesserungen zu ermöglichen.

Überwachung der Nutzung:

Hochtemperaturüberwachung: Installieren Sie Infrarot-Thermometer und Thermoelemente im Kristallwachstums- oder Schmelzofen, um die Temperaturverteilung des Tiegels in Echtzeit zu überwachen und die Abweichung in einem sehr kleinen Bereich zu steuern.

Atmosphärenkontrolle: Verwenden Sie ein Massenspektrometer und einen Sauerstoffsensor, um die Gaszusammensetzung im Ofen zu überwachen und den Argon- oder Wasserstofffluss automatisch anzupassen, um den Sauerstoffgehalt extrem niedrig zu halten.

Lebensdauervorhersage: Analysieren Sie die Daten des thermischen Zyklus des Tiegels durch maschinelles Lernen, um das Auftreten von Rissen und die Dämpfung der Lebensdauer vorherzusagen und Wartungszyklen zu optimieren.

Rückverfolgbarkeit der Qualität:

Blockchain-Technologie: Erfasst die gesamten Lebenszyklusdaten des Tiegels von der Produktion bis zur Verwendung, um eine qualitativ hochwertige Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten.

QR-Code /RFID: Jeder Tiegel ist mit einer eindeutigen Identifikation ausgestattet, die mit den Produktions-, Prüf- und Nutzungsaufzeichnungen verknüpft ist, um die Fehleranalyse zu erleichtern.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie sorgen intelligente Überwachungssysteme bei der Herstellung von

Copyright and Legal Liability Statement

Silizium-Einkristallen für gleichmäßige thermische Felder in Molybdän-Tiegeln und reduzieren so Defekte.

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden optimiert die Technologie des digitalen Zwillings das Design von Tiegeln und verlängert die Lebensdauer.

10.3.2 Energieeinsparung und Umweltschutz

Herstellung von Molybdäntiegeln durch energiesparende Technologien und Umweltschutzmaßnahmen.

Energiesparende Technologie:

Effiziente Erwärmung: Verwenden Sie Mikrowellensintern oder Induktionserwärmung anstelle der herkömmlichen Widerstandsheizung, um die Energienutzung zu verbessern.

Wärmerückgewinnung: Im Sinterofen werden Wärmerohre oder Wärmetauscher installiert, um Abwärme für die Vorwärmung oder Anlagenbeheizung zurückzugewinnen.

Intelligente Steuerung: Setzen Sie Motoren mit variabler Frequenz und Energiemanagementsysteme ein, um die Leistung der Geräte dynamisch anzupassen und den Standby-Energieverbrauch zu senken.

Maßnahmen zum Umweltschutz:

Das beim Rösten entstehende SO₂ wird durch Nassentschwefelung in Nebenprodukte umgewandelt und flüchtige organische Verbindungen (VOCs) werden durch katalytische Verbrennung entfernt.

Recycelt nach Neutralisation und Filtration, wodurch der Verbrauch von Wasserressourcen reduziert wird.

Kohlenstoffarme Energie: Integrieren Sie Solar- oder Windkraft, um den CO₂-Fußabdruck der Produktion zu reduzieren und Ökostromlieferanten Vorrang einzuräumen.

Lebenszyklus-Management:

LCA-Analyse: Bewertung der Umweltauswirkungen von Tiegeln von der Rohstoffgewinnung bis zum Recycling und Optimierung kohlenstoffarmer Prozesse.

Grüne Zertifizierung: Beantragen Sie die Zertifizierung nach ISO 14001 (Umweltmanagementsystem) und ISO 50001 (Energiemanagementsystem), um Ihr Engagement für die Umwelt nachzuweisen.

Klimaneutralität: Klimaneutralität in der Produktion durch CO₂-Kompensation oder Aufforstung erreichen, als Reaktion auf das globale Ziel der Klimaneutralität bis 2050.

Nutzanwendung:

Bei der Züchtung von Saphirkristallen reduziert das Wärmerückgewinnungssystem den Energieverbrauch des Sinterofens und verbessert die Nachhaltigkeit der Produktion.

Bei der Herstellung von Hochtemperaturlegierungen für die Luft- und Raumfahrt reduziert die Abgasnachbehandlungstechnologie die SO₂-Emissionen und verbessert die Umweltqualität.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

10.3.3 Recycling von Abfällen

Effiziente Abfallrecyclingtechnologie ist der Kern einer umweltfreundlichen Fertigung und unterstützt das Ressourcenrecycling und Kosteneinsparungen.

Recycling-Prozess:

Klassifizierung: Lagern Sie Produktionsabfälle (Schrott, Pulver) und Nachnutzungsabfälle (Abfalltiegel, Beschichtungsrückstände) getrennt, um Kreuzkontaminationen zu vermeiden.

Physikalische Rückgewinnung: Durch Zerkleinerung, Siebung und magnetische Trennung werden die Molybdänmatrix und die Verunreinigungen getrennt und hochreine Molybdänfragmente zurückgewonnen.

Chemische Rückgewinnung: Ammoniummolybdat wird durch Säurelaugung und Ammoniakauflösung aus dem Abfall extrahiert und zu hochreinem Molybdänpulver kalziniert.

Metallurgische Rückgewinnung: Verwenden Sie Vakuumschmelzen oder Plasmaraffination, um Molybdänabfälle zu reinigen und hochreine Molybdänbarren herzustellen.

Technologische Innovation:

Automatisierte Sortierung: Einführung von Röntgensortierern und Robotern zur Verbesserung der Effizienz und Reinheit der Abfalltrennung.

Geschlossenes Kreislaufsystem: Recyceltes Molybdänpulver wird direkt in der Produktion neuer Tiegel verwendet, wodurch die Verschwendung von Ressourcen reduziert wird.

Energiearmes Recycling: Entwicklung einer elektrochemischen Recyclingtechnologie zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Umweltverschmutzung bei der Behandlung von Flüssigabfällen.

Qualitätskontrolle:

Recyceltes Molybdänpulver muss auf Reinheit und Verunreinigungsgehalt getestet werden, was den Normen ASTM B386 entsprechen muss.

Durch den Einsatz von ICP-MS wird sichergestellt, dass das recycelte Material für High-End-Anwendungen geeignet ist.

die Gleichwertigkeit des recycelten Materials mit reinem Molybdän.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie werden Alttiegel recycelt, um hochreines Molybdänpulver herzustellen, das den Anforderungen der Silizium-Einkristallproduktion gerecht wird.

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden senken geschlossene Recyclingsysteme die Entsorgungskosten und verbessern die Ressourceneffizienz.

10.4 Zukünftige Trends

Molybdän-Tiegel werden sich um Hochleistungsdesign, feldübergreifende Anwendungen und Anpassungsfähigkeit an extreme Umgebungen drehen und die technologische Innovation und Marktexpansion in der Branche vorantreiben.

Copyright and Legal Liability Statement

10.4.1 Leistungsstarkes Design

Hochleistungs-Molybdäntiegel werden durch Materialinnovation, Strukturoptimierung und intelligentes Design anspruchsvollere Anwendungsanforderungen erfüllen.

Material-Aufwertung:

Entwicklung von ultrahochreinem Molybdän (>99,999 %) und neuen Verbundwerkstoffen (z. B. Mo-W-Re) zur Verbesserung der Hochtemperaturfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Einführung von selbstheilenden Beschichtungen (z. B. Nanokomposit-Beschichtungen, die ZrO_2 enthalten), um Mikrorisse bei hohen Temperaturen automatisch zu reparieren und die Lebensdauer zu verlängern.

Strukturelle Optimierung:

Entwerfen Sie dünnwandige (<2 mm) und Tiegel mit großem Durchmesser (>600 mm), um die Gleichmäßigkeit des thermischen Feldes zu optimieren und den Materialverbrauch zu reduzieren.

Entwicklung modularer Tiegel, die leicht zerlegt und recycelt werden können, um eine Kreislaufwirtschaft zu unterstützen.

Intelligent Design:

Betten Sie Sensoren (z. B. Temperatur- und Spannungssensoren) in die Tiegelwand ein, um den Betriebszustand in Echtzeit zu überwachen und Ausfallrisiken vorherzusagen.

Nutzen Sie die Technologie des digitalen Zwillings, um die Tiegelgeometrie zu optimieren und Wärmeleitfähigkeit und mechanische Eigenschaften in Einklang zu bringen.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterfertigung der nächsten Generation unterstützen ultrahochreine Molybdän-Tiegel fortschrittlichere Wafer-Produktionsprozesse.

Bei der Herstellung von Hochtemperaturlegierungen verlängern selbstheilende beschichtete Tiegel die Lebensdauer und senken die Wartungskosten.

10.4.2 Domänenübergreifende Anwendungen

Molybdän-Tiegel werden sich von traditionellen Feldern auf aufstrebende Industrien ausdehnen, um einen vielfältigen Bedarf zu decken.

Neue Energie:

Bei der Herstellung von Perowskit-Solarzellen werden Molybdän-Tiegel in Hochtemperatur-Verdampfungs- oder Schmelzprozessen eingesetzt, um eine effiziente Zellproduktion zu unterstützen.

In Kernfusionsreaktoren werden Molybdäntiegel zum Schmelzen von Hochtemperatur-Plasmaeinschlussstoffen verwendet.

Biopharmazeutika:

Bei der Herstellung von High-End-Medizinprodukten werden Molybdän-Tiegel zur Reinigung biokompatibler Metalle wie Titanlegierungen eingesetzt.

Copyright and Legal Liability Statement

In der pharmazeutischen Synthese unterstützen Molybdäntiegel chemische Reaktionen bei hohen Temperaturen und sorgen für eine hohe Reinheit.

3D-Druck:

Im Metall-3D-Druck werden Molybdän-Tiegel verwendet, um Legierungspulver mit hohem Schmelzpunkt zu schmelzen, um den Anforderungen der Luft- und Raumfahrt- und Automobilindustrie gerecht zu werden.

Entwicklung spezieller Molybdän-Tiegel zur Unterstützung des kontinuierlichen Drucks und der Großserienproduktion.

Nutzanwendung:

In der Kernfusionsforschung unterstützen Molybdäntiegel die Materialprüfung bei hohen Temperaturen und tragen zur Entwicklung sauberer Energie bei.

In der 3D-Druckindustrie verbessern Molybdäntiegel die Qualität von Legierungspulvern und erfüllen die Anforderungen der Präzisionsfertigung.

10.4.3 Extreme Umgebungen

Molybdän-Tiegel passen sich an extremere Arbeitsumgebungen an, wie z. B. extrem hohe Temperaturen, starke Korrosion und komplexe Atmosphäre.

Ultrahohe Temperatur:

Verbundtiegel auf Molybdänbasis mit einer Temperaturbeständigkeit von $>2500\text{ }^{\circ}\text{C}$, um die Schmelzanforderungen von Ultrahochtemperaturlegierungen in der Luft- und Raumfahrt zu erfüllen. Verwenden Sie mehrschichtige Nanobeschichtungen (z. B. Si_3N_4 / ZrO_2), um die Oxidationsbeständigkeit und thermische Stabilität zu verbessern.

Starke Korrosion:

Entwicklung von Tiegeln, die resistent gegen Korrosion durch Seltenerdmetalle und geschmolzene Salze sind, für den Einsatz in Batterien für neue Energien und die chemische Industrie.

Die Einführung von Molybdän-Keramik-Verbundwerkstoffen erhöht die chemische Stabilität und verlängert die Lebensdauer.

Komplexe Atmosphäre:

Entwicklung von Tiegeln, die für sauerstoffhaltige, schwefelhaltige oder halogenhaltige Atmosphären geeignet sind, um spezielle Schmelzanforderungen zu erfüllen.

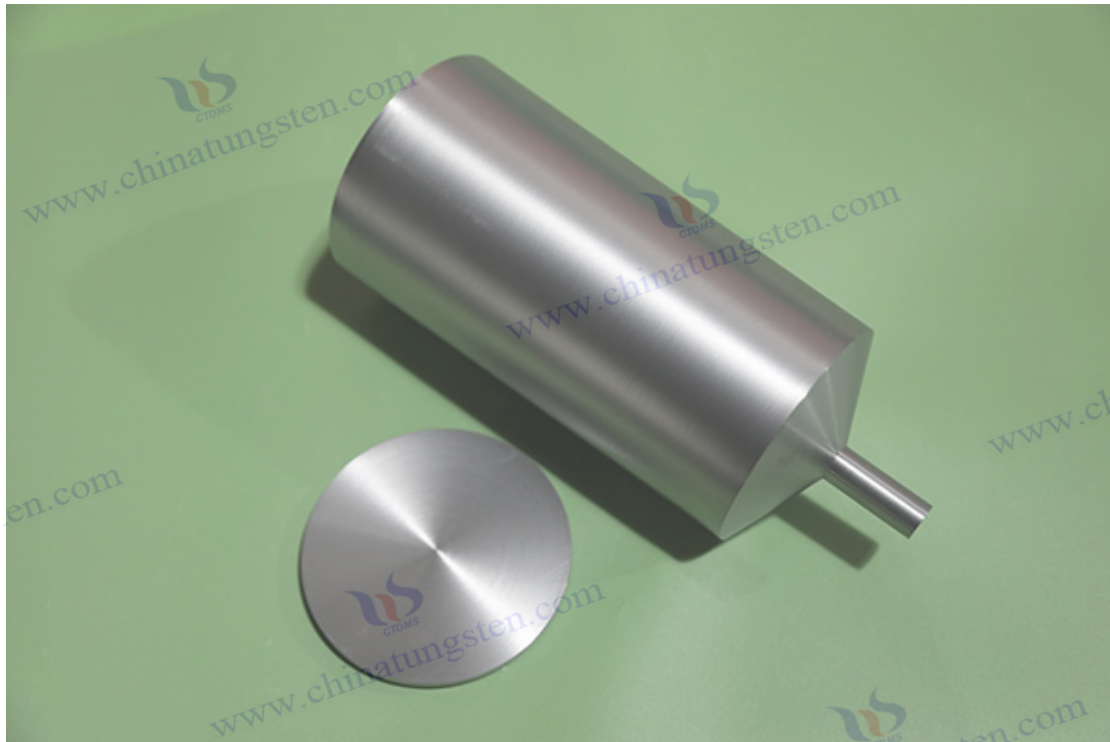
Verwenden Sie ein intelligentes Atmosphärenregelungssystem, um die Gaszusammensetzung dynamisch anzupassen und die Tiegeloberfläche zu schützen.

Nutzanwendung:

In der Luft- und Raumfahrt unterstützen ultrahochtemperaturbeständige Molybdän-Tiegel die Forschung und Entwicklung neuer Antriebsmaterialien.

In der chemischen Industrie verbessern korrosionsbeständige Tiegel die Effizienz von Salzschnmelzereaktionen und reduzieren Produktionsrisiken.

Copyright and Legal Liability Statement



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Kapitel 11 Normen und Spezifikationen für Molybdäntiegel

Molybdän-Tiegel beruhen auf strengen Standards und Spezifikationen, um Materialkonsistenz, Fertigungsgenauigkeit und Anwendungssicherheit zu gewährleisten. In diesem Kapitel werden die nationalen Normen (GB), die internationalen Normen (ISO), die amerikanischen Normen (ANSI) und andere internationale und industrielle Normen in Bezug auf Molybdäntiegel ausführlich erörtert und die Anforderungen an die Normimplementierung und -zertifizierung analysiert, die Produktion, Prüfung, Qualitätszertifizierung und Exportkonformität abdecken, sich auf globale maßgebliche Normen und Branchenpraktiken beziehen und umfassende technische Anleitungen bieten.

11.1 Nationale Normen (GB)

Chinas nationale Norm (GB/T) enthält detaillierte Spezifikationen für Materialien, Tests und Ausrüstungen für Molybdäntiegel und wird in der inländischen Produktion und Anwendung häufig verwendet.

11.1.1 GB/T Molybdän-Materialstandard

Die Norm GB / T legt die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften, die Verarbeitungseigenschaften und die Anwendungsanforderungen von Molybdän und Molybdänlegierungen fest und bildet die Grundlage für die Herstellung von Molybdäntiegeln.

Hauptkriterien:

GB / T 3462-2017 Molybdänstäbe und -stäbe:

Inhalt: Gibt die chemische Zusammensetzung (z. B. $\text{Mo} \geq 99,95 \%$), die Maßtoleranz, die

Copyright and Legal Liability Statement

Oberflächengüte und die mechanischen Eigenschaften von Molybdänstäben und -stäben an.

Eignung: Rohstoffe, die zur Herstellung von Tiegeln verwendet werden, um eine hohe Reinheit und Konsistenz zu gewährleisten.

Anforderungen: Die Oberfläche des Molybdänstabs muss frei von Rissen, Oxidablagerungen oder Einschlüssen sein, die Toleranz muss im Mikrometerbereich kontrolliert werden und er muss zum Spinnen oder Schmieden geeignet sein.

GB/T 3876-2017 Platten, Bänder und Folien aus Molybdän und Molybdänlegierungen:

Inhalt: Standardisieren Sie die Dicke, Breite, Oberflächenrauheit und mechanischen Eigenschaften (wie Zugfestigkeit und Dehnung) von Molybdänplatten.

Anwendbarkeit: Wird zum Schweißen oder Spinnen von Tiegeln verwendet, besonders geeignet für dünnwandige Tiegel.

Anforderungen: Die Oberflächenrauheit der Platte beträgt $Ra < 1,6 \mu m$, die Dickenabweichung ist extrem gering und erfüllt die hohen Präzisionsanforderungen.

GB/T 4182-2017 Molybdänpulver:

Inhalt: Gibt die Partikelgröße, Reinheit, Schüttdichte und Fließeigenschaften von Molybdänpulver an.

Anwendbarkeit: Wird zur Herstellung von Tiegelrohlingen durch Pulvermetallurgie verwendet, um eine hohe Dichte von Sintertiegeln zu gewährleisten.

Anforderungen: Reinheit des Molybdänpulvers $> 99,95\%$, extrem niedriger Sauerstoffgehalt, gleichmäßige Partikelgröße.

Wichtige Anforderungen:

Chemische Zusammensetzung: Molybdän-Tiegelmaterialien müssen von hoher Reinheit sein, und der Gehalt an Verunreinigungen (wie Fe, Ni, C, O) muss streng kontrolliert werden, um eine Verschlechterung der Leistung bei hohen Temperaturen zu verhindern.

Mechanische Eigenschaften: Die Zugfestigkeit und Duktilität bei hohen Temperaturen müssen den Anforderungen des Kristallwachstums oder der Schmelzumgebung entsprechen.

Oberflächenqualität: Die Innen- und Außenflächen des Tiegels sollten glatt und frei von Defekten (wie Kratzern und Poren) sein, um eine Kontamination der Schmelze zu vermeiden.

Nutzanwendung:

Bei der Saphirkristallzüchtung gewährleistet GB/T 3462 die hohe Reinheit von Molybdänstäben und erfüllt die hohen Temperaturanforderungen von $2050^{\circ}C$.

Bei der Seltenerdschmelze werden Molybdänplatten nach GB/T 3876 zum Schweißen von Tiegeln verwendet, um die Qualität der Schweißnaht zu gewährleisten.

11.1.2 Testen und Bewerten

Der GB/T-Standard bietet detaillierte Methoden für die Leistungsprüfung und Qualitätsbewertung von Molybdäntiegeln, um sicherzustellen, dass die Produkte die Design- und Anwendungsanforderungen erfüllen.

Copyright and Legal Liability Statement

Prüfmethode:

Analyse der chemischen Zusammensetzung: Die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) oder die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) wird eingesetzt, um die Reinheit und den Gehalt an Verunreinigungen von Molybdän mit extrem hoher Genauigkeit zu detektieren.

Prüfung der mechanischen Eigenschaften:

Zugversuch (GB/T 228.1): Misst Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung bei Raumtemperatur und hoher Temperatur (1000-1500 °C).

Härteprüfung (GB/T 231.1): Verwenden Sie den Vickers-Härteprüfer, um die Härte von Tiegelmateriale zu bewerten, was den Kornverfeinerungseffekt widerspiegelt.

Mikrostrukturanalyse: Verwenden Sie Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Elektronenrückstreuung (EBSD), um Korngröße und Defekte (z. B. Poren, Einschlüsse) zu untersuchen.

Prüfung der Oberflächenqualität: Verwenden Sie ein optisches Mikroskop oder ein Laserstreugerät, um die Oberflächenrauheit (Ra) und Defekte (z. B. Kratzer und Risse) zu untersuchen.

Bewertungskriterien:

Maßhaltigkeit: Die Toleranzen des Tiegeldurchmessers, der Höhe und der Wandstärke müssen den Konstruktionsanforderungen entsprechen, und die Abweichung muss auf Mikrometerebene kontrolliert werden.

Gleichbleibende Leistung: Die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung der Tiegelchargen müssen hochgradig konsistent sein, mit minimalen Chargenunterschieden.

Hohe Temperaturstabilität: Die Kriechfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit des Tiegels werden bei 1700-2050 °C getestet, um einen langfristigen Betrieb ohne Ausfall zu gewährleisten.

Qualitätskontrolle:

Implementierung einer statistischen Prozesskontrolle (SPC) zur Überwachung wichtiger Parameter im Produktionsprozess (z. B. Sintertemperatur und Spindruck).

Jeder Tiegelcharge ist ein Prüfbericht beizufügen, in dem die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften und die Oberflächenqualität aufgeführt sind.

Fehlerhafte Produkte müssen isoliert und analysiert werden, um zu verhindern, dass sie auf den Markt gelangen.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von Halbleiter-Silizium-Einkristallen stellt das GB/T-Prüfverfahren sicher, dass die Tiegeloberfläche fehlerfrei ist und hohe Reinheitsanforderungen erfüllt.

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen für die Luft- und Raumfahrt wird durch Hochtemperaturzugversuche die Kriechfestigkeit von Tiegeln nachgewiesen.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model
Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.				

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

11.1.3 Technische Daten

Die GB/T-Norm stellt klare Anforderungen an die Herstellung und Prüfausrüstung von Molybdäntiegeln, um die Zuverlässigkeit und Konsistenz des Produktionsprozesses zu gewährleisten.

Produktionsanlagen:

Sinterofen: Der Vakuum-Sinterofen muss über Hochtemperatur- ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) und Niederdruckfähigkeiten ($<10^{-3}\text{ Pa}$) verfügen und mit einem präzisen Temperaturregelungssystem ($\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) ausgestattet sein.

Spinnmaschine: Die CNC-Spinnmaschine muss die Präzisionsbearbeitung im Mikrometerbereich unterstützen und mit einem Echtzeitüberwachungssystem ausgestattet sein, um die Gleichmäßigkeit der Wandstärke zu steuern.

Schweißgeräte: Um sicherzustellen, dass die Schweißnaht porenfrei ist und eine hohe Haftfestigkeit aufweist, ist eine WIG-Schweiß- oder Elektronenstrahlschweißausrüstung erforderlich.

Prüfmittel:

Maßprüfung: Mit einem Laser-Entfernungsmesser oder einem Koordinatenmessgerät (KMG) werden Durchmesser, Höhe und Wandstärke des Tiegels mit extrem hoher Präzision vermessen.

Oberflächeninspektion: Ausgestattet mit einem hochauflösenden optischen Mikroskop und einem Laserstreuungsinstrument zur Erkennung von Oberflächenrauheit und Mikrorissen.

Zerstörungsfreie Prüfung: Verwenden Sie ein Ultraschallprüfgerät oder einen Wirbelstromprüfgerät, um die inneren Defekte des Tiegels (z. B. Einschlüsse, Poren) zu überprüfen.

Wartung der Ausrüstung:

Das Gerät wird regelmäßig kalibriert, um die Anforderungen von GB/T 10067 (Electrical Equipment Specifications) mit extrem geringen Genauigkeitsabweichungen zu erfüllen.

Ausgestattet mit Umweltkontrollsystemen (z. B. Reinräume, ISO 7-Klasse), um eine Kontamination während des Gerätebetriebs zu verhindern.

Zeichnen Sie Betriebsprotokolle von Geräten auf, analysieren Sie Fehlerursachen und optimieren Sie Wartungszyklen.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von Seltenerdsmelztiegeln sorgen CNC-Spinnmaschinen für eine gleichmäßige Wandstärke und erfüllen die GB/T-Normen.

Bei Kristallzüchtungsanlagen wird durch die Ultraschallprüfung überprüft, ob der Tiegel keine internen Defekte aufweist, was die Zuverlässigkeit verbessert.

11.2 Internationale Normen (ISO)

ISO-Normen bieten weltweit einheitliche Spezifikationen für Leistungsprüfungen, Umweltmanagement und Qualitätskontrolle von Molybdäntiegeln und sind im internationalen Handel und in High-End-Anwendungen weit verbreitet.

Copyright and Legal Liability Statement

11.2.1 Zugversuch nach ISO 6892

Die Normenreihe ISO 6892 legt die Zugprüfverfahren für metallische Werkstoffe fest und ist auf die Bewertung der mechanischen Eigenschaften von Molybdäntiegeln anwendbar.

Standardinhalt:

ISO 6892-1: Zugprüfung bei Raumtemperatur, legt die Probenvorbereitung, die Prüfgeschwindigkeit und die Datenaufzeichnungsverfahren fest.

ISO 6892-2: Hochtemperatur-Zugversuch (1000-1500 °C), geeignet für die Leistungsprüfung von Molybdän-Tiegel in Hochtemperaturumgebungen.

ISO 6892-3: Zugversuch bei niedrigen Temperaturen zur Bewertung der Zähigkeit von Molybdän unter bestimmten Bedingungen.

Anforderungen an die Prüfung:

Probenvorbereitung: Das Molybdän-Tiegelmaterial wird ohne Oberflächenfehler zu einer Standardprobe (z. B. einem Zylinder oder einer Platte) verarbeitet.

Prüfbedingungen: Hochtemperaturprüfungen müssen in einem Vakuum oder einer inerten Atmosphäre durchgeführt werden, um eine Oxidation zu verhindern, mit einer Temperaturregelungsgenauigkeit von ± 5 °C.

Messparameter: Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung und Flächenreduzierung mit hoher Wiederholungsgenauigkeit der Daten.

Anwendbarkeit:

Wird verwendet, um die mechanische Stabilität von Molybdäntiegeln beim Schmelzen bei hohen Temperaturen (z. B. 2050 °C) zu überprüfen.

Stellen Sie sicher, dass die mechanischen Eigenschaften von dotierten Molybdäntiegeln (wie Mo-La₂O₃) besser sind als von reinem Molybdän.

Nutzanwendung:

Bei der Züchtung von Saphirkristallen stellt der Test nach ISO 6892-2 sicher, dass sich der Tiegel bei hohen Temperaturen nicht verformt.

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen in der Luft- und Raumfahrt wird durch Zugversuche die Kriechfestigkeit von Tiegeln nachgewiesen.

11.2.2 ISO 14001 Umweltmanagement

ISO 14001 bietet einen Rahmen für ein Umweltmanagementsystem für die Herstellung von Molybdäntiegeln, das darauf abzielt, die Umweltbelastung zu verringern und eine nachhaltige Entwicklung zu fördern.

Standardinhalt:

Definieren Sie Umweltrichtlinien, -ziele und -pläne und identifizieren Sie Umweltauswirkungen in der Produktion (z. B. Energieverbrauch, Abgase, Abwasser).

Es ist erforderlich, Umweltleistungsindikatoren festzulegen und das Managementsystem regelmäßig zu überprüfen und zu verbessern.

Copyright and Legal Liability Statement

Betonung der Einhaltung und Einhaltung lokaler und internationaler Umweltvorschriften.

Anforderungen an die Implementierung:

Energiemanagement: Optimieren Sie Sinter- und Schmiedeprozesse, senken Sie den Energieverbrauch und nutzen Sie erneuerbare Energien (z. B. Solarenergie).

Abfallbehandlung: Recycling von Molybdänabfällen, Behandlung von Röstabgasen (z. B. SO₂) und flüssigen chemischen Abfällen, um eine Null-Schadstoff-Entladung zu gewährleisten.

Umweltüberwachung: Installieren Sie Abgas- und Abwasserüberwachungsgeräte, um Emissionsdaten in Echtzeit aufzuzeichnen und Emissionsnormen einzuhalten.

Mitarbeiterschulung: Verbessern Sie das Umweltbewusstsein der Mitarbeiter und stellen Sie sicher, dass der Betrieb den Anforderungen der ISO 14001 entspricht.

Anwendbarkeit:

Verbessern Sie das grüne Image der Hersteller von Molybdäntiegeln und erfüllen Sie die Umweltschutzanforderungen von High-End-Kunden (z. B. der Halbleiterindustrie).

Unterstützung des Exportmarktes und Einhaltung der EU-REACH- und RoHS-Vorschriften.

Nutzanwendung:

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden gibt die ISO 14001 den Leitfaden für die Abgasbehandlung vor, um die SO₂-Emissionen zu reduzieren.

In der Halbleiterindustrie sorgen Umweltmanagementsysteme dafür, dass der Produktionsprozess schadstofffrei ist und den Reinraumanforderungen entspricht.

11.2.3 ISO 3452 Zerstörungsfreie Prüfung

ISO 3452 legt das Eindringprüfverfahren (PT) zur Erkennung von Mikrorissen und Defekten auf der Oberfläche von Molybdäntiegeln fest.

Standardinhalt:

Legen Sie die Auswahl der Eindringmittel, Entwickler und Reinigungsmittel sowie die Prüfverfahren und Umgebungsbedingungen fest.

Einschließlich Empfindlichkeitsstufen (1-4), geeignet für Tiegel mit unterschiedlichen Präzisionsanforderungen.

Es ist erforderlich, dass die Prüfer eine professionelle Ausbildung absolvieren und die ISO 9712 (Zertifizierung des zerstörungsfreien Prüfpersonals) einhalten.

Ablauf der Prüfung:

Oberflächenvorbereitung: Die Tiegeloberfläche wird gereinigt, um frei von Öl, Zunder und Rauheit Ra < 0,8 µm zu sein.

Anwendung des Eindringmittels: Tragen Sie hochempfindliches Eindringmittel mit einer Eindringzeit von 5-30 Minuten auf, um Mikrorisse abzudecken.

Bildgebung und Beobachtung: Verwenden Sie den Entwickler, um Defekte darzustellen, und kombinieren Sie ihn mit ultravioletter oder weißem Licht, um die Position und Morphologie des Risses zu überprüfen.

Copyright and Legal Liability Statement

Ergebnisbewertung: Der Tiegel wird anhand der Fehlergröße und -verteilung qualifiziert. Ist die Risslänge extrem klein, muss sie repariert werden.

Anwendbarkeit:

Wird verwendet, um die Schweißqualität von Schweißtiegeln zu erfassen und die Ausbreitung von Rissen bei hohen Temperaturen zu verhindern.

Stellen Sie sicher, dass keine Mikrorisse auf der Oberfläche des sich drehenden Tiegels vorhanden sind, um die Sauberkeitsanforderungen der Halbleiterindustrie zu erfüllen.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von Silizium-Einkristallen stellt die Prüfung nach ISO 3452 sicher, dass die Tiegeloberfläche frei von Defekten ist, um eine Kontamination der Siliziumschmelze zu verhindern. In der Luft- und Raumfahrt wird bei der Eindringprüfung die Unversehrtheit von Schweißnähten an großen Tiegeln überprüft.

11.3 Amerikanischer Standard (Amerikanischer Standard)

Amerikanische Normen (ASTM, ASME) bieten hochpräzise Spezifikationen für Materialien, Prüfungen und Ausrüstungen für Molybdäntiegel und sind auf dem internationalen Markt weit verbreitet.

11.3.1 ASTM B386 Molybdänlegierung

ASTM B386 ist die international maßgebliche Norm für Molybdän und Molybdänlegierungen, die die Materialanforderungen für die Herstellung von Tiegeln abdeckt.

Standardinhalt:

Legt die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften und die Verarbeitungseigenschaften von Molybdän und Molybdänlegierungen (Mo, Mo-La₂O₃, Mo-W) fest.

Enthält Spezifikationen für Platten, Stangen, Folien und Schmiedeteile, die zum Drehen, Schweißen und Schmieden von Tiegeln geeignet sind.

Die Molybdänreinheit muss >99,95 % betragen, und der Gehalt an Verunreinigungen (wie Fe, Ni und C) ist extrem gering.

Wichtige Anforderungen:

Chemische Zusammensetzung: Molybdänmaterialien müssen durch Spektralanalyse auf Reinheit überprüft werden, um eine hohe Temperaturstabilität zu gewährleisten.

Mechanische Eigenschaften: Spezifizierte Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung, um hohe Temperaturanforderungen (1700-2050 °C) zu erfüllen.

Oberflächenqualität: Die Materialoberfläche weist keine Risse, Einschlüsse oder Oxidschichten auf, geeignet für eine hochpräzise Verarbeitung.

Maßtoleranz: Die Dicken- und Durchmesser-toleranzen von Blechen und Stangen werden im Mikrometerbereich gesteuert.

Copyright and Legal Liability Statement

Anwendbarkeit:

Wird zur Herstellung von Hochleistungs-Molybdäntiegeln verwendet, die die strengen Anforderungen der Saphirkristallzüchtungs- und Halbleiterindustrie erfüllen.

Leitfaden zur Materialauswahl und Leistungsoptimierung von dotierten Molybdäntiegeln (z. B. Mo-CeO₂).

Nutzanwendung:

Bei der Züchtung von Saphirkristallen gewährleistet ASTM B386 die hohe Reinheit und die mechanischen Eigenschaften von Molybdänplatten.

Bei der Verhüttung von Seltenen Erden werden Molybdänstäbe in Standardspezifikation zum Schmieden von Tiegeln verwendet, um die Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten.

11.3.2 ASTM E384 Härteprüfung

ASTM E384 spezifiziert Vickers- und Knoop-Härteprüfverfahren zur Bewertung der Härte und Mikrostruktur von Molybdän-Tiegelmaterialien.

Standardinhalt:

Gibt die Belastung (0,1-10 kg), den Eindringkörpertyp (Diamantpyramide) und das Messverfahren für die Härteprüfung an.

Umfasst Testbedingungen bei Raumtemperatur und bei hohen Temperaturen (1000 °C), geeignet für die Leistungsbewertung von Molybdäntiegeln.

Die Prüfoberfläche muss flach sein, eine Rauheit von Ra<0,5 µm aufweisen und eine extrem hohe Wiederholgenauigkeit der Messung aufweisen.

Ablauf der Prüfung:

Probenvorbereitung: Das Molybdän-Tiegelmaterial wird auf eine Spiegeloberfläche poliert und gereinigt, um Öl und Partikel zu entfernen.

Härtemessung: Verwenden Sie ein Vickers-Härteprüfgerät, um eine konstante Last aufzubringen, die diagonale Länge des Eindrucks zu messen und den Härtewert zu berechnen.

Ergebnisanalyse: Vergleichen Sie die Härtewerte in verschiedenen Bereichen, um den Kornfeinungseffekt und die Materialhomogenität zu bewerten.

Anwendbarkeit:

Wird verwendet, um die Wirkung von Dotierung oder Wärmebehandlung auf die Härte des Molybdäntiegels zu überprüfen und die Verschleißfestigkeit widerzuspiegeln.

Leiten Sie die Optimierung des Herstellungsprozesses von Tiegeln, wie z. B. Sintertemperatur und Schmiedeverformung.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie stellt die ASTM E384-Prüfung die hohe Härte von Molybdäntiegeln sicher, um die Anforderungen an den Langzeitgebrauch zu erfüllen.

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen überprüft die Härteprüfung die Verformungsschutzleistung des Tiegels.

Copyright and Legal Liability Statement

11.3.3 ASME Hochtemperatur-Behälter

ASME-Standards enthalten Spezifikationen für die Konstruktion, Herstellung und Prüfung von Hochtemperaturbehältern (z. B. Tiegeln) und eignen sich für den Einsatz in Molybdäntiegeln unter Druck oder bei hohen Temperaturen.

Standardinhalt:

ASME BPVC Abschnitt VIII: Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern, spezifiziert Materialauswahl, Spannungsanalyse und Sicherheitsfaktoren.

ASME B31.3: Spezifikation für Prozessrohrleitungen für Ofensysteme, in denen sich Tiegel befinden.

ASME PTC 19.3: Hochleistungstest bei hohen Temperaturen zur Bewertung der Stabilität von Tiegeln unter extremen Bedingungen.

Wichtige Anforderungen:

Materialauswahl: Der Molybdäntiegel muss ASTM B386 entsprechen, hohe Temperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Designverifizierung: Die Finite-Elemente-Analyse (FEA) wurde verwendet, um die Spannungsverteilung des Tiegels bei hohen Temperaturen (>2000 °C) und thermischen Zyklen zu simulieren.

Sicherheitstest: Es werden Drucktests und Thermoschocktests durchgeführt, um sicherzustellen, dass der Tiegel keine Risse oder Verformungen aufweist.

Anwendbarkeit:

Molybdän-Tiegel für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Nuklearindustrie sorgen für Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Bereitstellung von Anleitungen für die Konstruktion großer Tiegel (Durchmesser > 500 mm), um komplexe Anforderungen an das thermische Feld zu erfüllen.

Nutzanwendung:

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen in der Luft- und Raumfahrt gewährleisten ASME-Standards den sicheren Betrieb von Tiegeln.

In der Kernfusionsforschung unterstützen Standard-Tiegelkonstruktionen die Materialprüfung bei hohen Temperaturen.

11.4 Sonstige internationale und Industrienormen

Neben der nationalen Norm, der ISO und der amerikanischen Norm bieten weitere internationale und industrielle Normen ergänzende Spezifikationen für Molybdäntiegel, die für bestimmte Märkte und Anwendungen geeignet sind.

11.4.1 JIS G 0571

Die japanische Industrienorm (JIS G 0571) legt die Korrosionsprüfverfahren für Edelstahl und hitzebeständige Legierungen fest, die teilweise auf die Bewertung der Korrosionsbeständigkeit von Molybdäntiegeln anwendbar sind.

Copyright and Legal Liability Statement

Standardinhalt:

Spezifiziert Tauchtests und elektrochemische Prüfverfahren zur Bewertung der Leistung von Materialien in korrosiven Umgebungen.

Dazu gehören saure Lösungen (z. B. HNO_3), geschmolzene Metalle (z. B. Neodym) und Hochtemperatur-Atmosphärentests.

Anwendbarkeit:

Wird verwendet, um die Korrosionsbeständigkeit von Molybdäntiegeln in der Seltenerdschmelze zu testen, insbesondere in Umgebungen mit geschmolzenen Seltenerdmetallen.

die Leistungsüberprüfung von Korrosionsschutzbeschichtungen wie MoSi_2 .

Anforderungen an die Implementierung:

Die Testumgebung muss die tatsächlichen Nutzungsbedingungen simulieren (z. B. 1700°C , geschmolzenes Neodym).

Messen Sie den Waddickenverlust, die Oberflächenerosionstiefe und den Massenverlust, um die Lebensdauer des Tiegels zu beurteilen.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von NdFeB-Magneten stellt der Test JIS G 0571 die Korrosionsbeständigkeit von Molybdäntiegeln sicher.

Bei der Edelmetallreinigung überprüft der Standard die Stabilität des Tiegels in einem sauren Milieu.

11.4.2 DIN EN 10228

Die deutsche Norm DIN EN 10228 regelt die zerstörungsfreie Prüfung von Metallprodukten und ist anwendbar auf die Innen- und Oberflächenqualitätskontrolle von Molybdäntiegeln.

Standardinhalt:

Einschließlich Ultraschallprüfung (UT), Magnetpulverprüfung (MT) und Wirbelstromprüfung (ET).
Legen Sie Akzeptanzkriterien für Defekte wie Risslänge und Porengröße fest.

Anforderungen an die Prüfung:

Ultraschallprüfung: Verwenden Sie eine Hochfrequenzsonde (5-10 MHz), um den Tiegel mit extrem hoher Empfindlichkeit auf Einschlüsse und Poren zu prüfen.

Wirbelstromprüfung: Erkennt Risse an der Oberfläche und unter der Oberfläche, geeignet zum Schweißen von Tiegeln.

Magnetpulverprüfung: Um Mikrorisse an der Oberfläche zu erkennen, muss sie unter magnetisierten Bedingungen durchgeführt werden.

Anwendbarkeit:

Zur Qualitätskontrolle von großen Molybdäntiegeln (Durchmesser $> 300\text{ mm}$), um sicherzustellen, dass keine internen Fehler vorhanden sind.

Erfüllt die hohen Zuverlässigkeitsanforderungen der Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie.

Copyright and Legal Liability Statement

Nutzanwendung:

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen für die Luft- und Raumfahrt stellt die DIN EN 10228 sicher, dass die Tiegel frei von inneren Fehlern sind.

In der Halbleiterindustrie überprüft die Wirbelstromprüfung die Oberflächenqualität des Tiegels und verhindert eine Kontamination der Schmelze.

11.4.3 GOST 17431

Die russische Norm GOST 17431 legt die Eigenschaften und Prüfverfahren von hitzebeständigen Legierungen fest und eignet sich für die Anwendung von Molybdäntiegeln in Umgebungen mit hohen Temperaturen.

Standardinhalt:

Gibt die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften und die Hochtemperaturstabilität von hitzebeständigen Legierungen an.

Umfasst Zug-, Kriech- und Ermüdungsprüfverfahren bei erhöhten Temperaturen.

Anforderungen an die Prüfung:

Hochtemperaturzug: Testen Sie die Zugfestigkeit und Dehnung bei 1400-1800 °C.

Kriechtest: Misst die Verformungsgeschwindigkeit eines Tiegels bei hoher Temperatur (1700 °C) und konstanter Spannung.

Ermüdungsprüfung: Simuliert thermische Zyklusbedingungen, um die Ermüdungslebensdauer von Tiegeln zu bewerten.

Anwendbarkeit:

Molybdän-Tiegel für den russischen Markt, die den Bedarf der Luft- und Raumfahrt- und Energieindustrie erfüllen.

Anleitung zur Leistungsoptimierung von dotierten Molybdäntiegeln.

Nutzanwendung:

In der Kernfusionsforschung stellt der GOST 17431-Test die Kriechfestigkeit von Molybdäntiegeln sicher.

Beim Schmelzen von Hochtemperaturlegierungen überprüft das Normal die Ermüdungslebensdauer des Tiegels.

11.5 Implementierung und Zertifizierung von Standards

Die Umsetzung und Zertifizierung von Normen ist der Schlüssel zur Gewährleistung der Qualität und Wettbewerbsfähigkeit von Molybdäntiegeln, die Produktion, Prüfung, Qualitätszertifizierung und Exportkonformität umfassen.

11.5.1 Produktion und Prüfung

Die Umsetzung von Standards erfordert, dass Spezifikationen in Produktions- und Testprozesse integriert werden, um die Konsistenz und Zuverlässigkeit der Produkte zu gewährleisten.

Copyright and Legal Liability Statement

Produktionstechnische Umsetzung:

Prozesskontrolle: Wählen Sie hochreine Molybdänmaterialien gemäß GB/T 3462 und ASTM B386 aus und kontrollieren Sie streng die Sintertemperatur ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) und den Spinnndruck.

Kalibrierung von Geräten: Fertigungsanlagen (z. B. Sinteröfen, Spinnmaschinen) müssen regelmäßig gemäß GB/T 10067 oder ISO 10012 (Messmanagementsystem) kalibriert werden.

Umweltkontrolle: Die Produktion erfolgt in einem Reinraum (ISO 7), um eine Kontamination durch Partikel zu verhindern und SEMI E170 zu entsprechen.

Testen der Implementierung:

Leistungsprüfung: Zug- und Härtetests werden gemäß ISO 6892 und ASTM E384 durchgeführt, um die mechanischen Eigenschaften des Tiegels zu überprüfen.

Zerstörungsfreie Prüfung: Die Eindring- und Ultraschallprüfung nach ISO 3452 und DIN EN 10228 stellt sicher, dass Oberflächen- und Innenfehler frei sind.

Datenaufzeichnungen: Jede Tiegelcharge wird mit einem Prüfbericht geliefert, in dem die chemische Zusammensetzung, die Maßgenauigkeit und die Leistungsdaten aufgezeichnet sind, um die Rückverfolgbarkeit der Qualität zu unterstützen.

Qualitätsmanagement:

Implementierung des Qualitätsmanagementsystems ISO 9001, um die Standardisierung von Produktions- und Prüfprozessen zu gewährleisten.

Verwenden Sie die statistische Prozesskontrolle (SPC), um wichtige Parameter zu überwachen und die Nichtkonformitätsraten zu reduzieren.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie wird durch standardisierte Fertigung und Prüfung die hohe Reinheit und Konsistenz von Molybdän-Tiegeln sichergestellt.

In der Luft- und Raumfahrt sichert die zerstörungsfreie Prüfung die Zuverlässigkeit von Tiegeln und erfüllt strenge Anforderungen.

11.5.2 Qualitätszertifizierung

Die Qualitätszertifizierung ist ein wichtiger Schritt, um nachzuweisen, dass Molybdäntiegel die Standards erfüllen, und um das Vertrauen des Marktes zu stärken.

Art der Zertifizierung:

ISO 9001: Zertifizierung des Qualitätsmanagements, die die Produktions- und Servicefähigkeit des Unternehmens nachweist.

ISO 14001: Zertifizierung des Umweltmanagements, die das Engagement für eine umweltfreundliche Produktion belegt.

AS 9100: Zertifizierung des Qualitätsmanagements in der Luft- und Raumfahrt für Molybdäntiegel, die in der Luft- und Raumfahrt verwendet werden.

Nadcap: Zertifizierung von Spezialprozessen für zerstörungsfreie Prüfung und Wärmebehandlung.

Zertifizierungsprozess:

Copyright and Legal Liability Statement

Vorbereitung von Dokumenten: Erstellung von Qualitätshandbüchern, Verfahrensdokumenten und Standard Operating Procedures (SOPs) in Übereinstimmung mit den Zertifizierungsanforderungen.
Interne Revision: Führen Sie interne Audits durch, um Nichtkonformitäten zu identifizieren und zu korrigieren.

Audits durch Dritte: Vor-Ort-Audits werden von Zertifizierungsstellen (wie SGS und TÜV) durchgeführt, um die Umsetzung der Standards zu überprüfen.

Kontinuierliche Verbesserung: Überprüfen und aktualisieren Sie das Qualitätsmanagementsystem regelmäßig, um die kontinuierliche Einhaltung sicherzustellen.

Nutzanwendung:

Bei der Herstellung von Saphirglas erhöht die Zertifizierung nach ISO 9001 das Vertrauen der Kunden in die Qualität von Tiegeln.

In der Luft- und Raumfahrt stellt die AS9100-Zertifizierung sicher, dass die Tiegel strenge Industriestandards erfüllen.

11.5.3 Einhaltung der Vorschriften bei der Ausfuhr

Der Export von Molybdän-Tiegeln muss den Standards und Vorschriften des Zielmarktes entsprechen, um sicherzustellen, dass die Produkte reibungslos auf den internationalen Markt gelangen.

Compliance-Anforderungen:

EU-Markt: Einhaltung der Richtlinien REACH (Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Stoffe) und RoHS (Beschränkung gefährlicher Stoffe), um sicherzustellen, dass die Materialien frei von gefährlichen Stoffen sind.

US-Markt: Erfüllen Sie die Normen ASTM B386 und ASME, stellen Sie Qualitätszertifikate und Prüfberichte bereit.

Japanischer Markt: Entspricht JIS G 0571, um die Korrosionsbeständigkeit des Tiegels zu gewährleisten.

Russischer Markt: Entspricht GOST 17431 und liefert Leistungsdaten für hohe Temperaturen.

Zertifizierung und Dokumentation:

Stellen Sie ein Qualitätszertifikat nach ISO 8000 (Datenqualität) zur Verfügung, das die chemische Zusammensetzung, Leistungsdaten und Prüfergebnisse enthält.

Beantragen Sie die CE-Kennzeichnung (EU) oder UL-Zertifizierung (US), um die Produktsicherheit und -konformität nachzuweisen.

Erstellung von Ausfuhrmanifesten, Handelsrechnungen und Ursprungszeugnissen, um den Anforderungen des internationalen Handels gerecht zu werden.

Risikomanagement:

Überwachen Sie Aktualisierungen internationaler Standards und passen Sie Produktions- und Prüfprozesse rechtzeitig an.

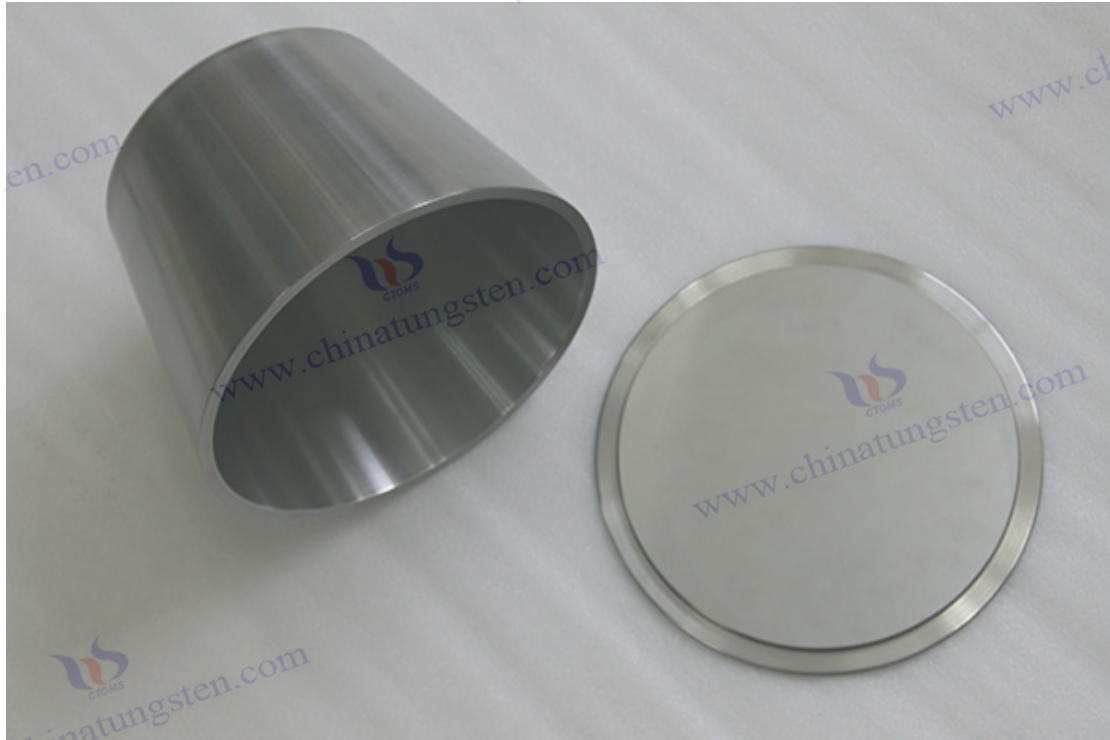
Arbeiten Sie mit lokalen Vertretern oder Zertifizierungsstellen zusammen, um sicherzustellen, dass die Produkte die Anforderungen des Zielmarktes erfüllen.

Copyright and Legal Liability Statement

Richten Sie ein Export-Compliance-Team ein, das sich um Zoll- und Regulierungsfragen kümmert.

Nutzanwendung:

In der Halbleiterindustrie, die nach Europa exportiert wird, sorgt die REACH-Konformität dafür, dass Molybdän-Tiegel frei von Schadstoffen sind und reibungslos auf den Markt gelangen können. Auf dem Luft- und Raumfahrtmarkt, der in die Vereinigten Staaten exportiert wird, verbessert die ASTM B386-Zertifizierung die Wettbewerbsfähigkeit der Produkte.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Tiegel

Copyright and Legal Liability Statement

Anhang

A. Glossar

Antioxydationsbeschichtung: Eine Schutzschicht, die auf die Oberfläche des Molybdäntiegels aufgebracht wird, um eine Oxidation bei hohen Temperaturen zu verhindern und die Lebensdauer des Tiegels zu verlängern.

Closed-Loop Recycling: Der Recyclingprozess des Recyclings von Molybdän-Tiegelabfällen und deren Umwandlung in neue Tiegelmateriale, um Ressourcenverschwendung zu reduzieren.

Czochralski-Methode: Eine Methode zum Züchten von Einkristallen (wie Silizium und Saphir) durch Kristallzüchtetechnologie, bei der ein hochreiner Molybdäntiegel verwendet wird, um die Schmelze zu halten.

Plasmaspritzen: Eine Technologie zur Oberflächenmodifizierung, bei der mit Hochtemperaturplasma oxidationsbeständige oder korrosionsbeständige Materialien auf die Oberfläche eines Molybdäntiegels gesprüht werden.

Kriechen bei hohen Temperaturen: Die langsame Verformung von Molybdäntiegeln unter hohen Temperaturen ($>1500\text{ }^{\circ}\text{C}$) und Spannungen kann zu Leistungseinbußen führen.

Reinraum: Eine kontrollierte Umgebung, in der Feinstaub und Verunreinigungen kontrolliert werden und die für die Verpackung und Lagerung von Molybdäntiegeln gemäß den Normen ISO 14644 verwendet wird.

Kornverfeinerung: Reduzierung der Korngröße von Molybdänmaterialien durch Dotierung oder Wärmebehandlung, um die Festigkeit und Zähigkeit zu verbessern.

Mechanische Eigenschaften: Die Eigenschaften eines belasteten Materials, wie Zugfestigkeit, Härte und Dehnung, beeinflussen die Hochtemperaturstabilität des Molybdäntiegels.

Nanostruktur: Molybdänmaterialien mit Korn- oder Schichtgröße im Nanobereich ($<100\text{ nm}$) weisen hervorragende mechanische Eigenschaften und Oxidationsbeständigkeit auf.

Heißisostatisches Pressen (HIP): Eine Technik zum Formen von Molybdäntiegeln unter hoher Temperatur und hohem Druck, um die Dichte und Gleichmäßigkeit zu verbessern und interne Defekte zu reduzieren.

Thermische Feldgleichmäßigkeit: Die Konsistenz der Temperaturverteilung des Tiegels in einem Hochtemperaturofen beeinflusst die Qualität des Kristallwachstums.

Sintern: Der Prozess des Erstarrens von Molybdänpulver zu Tiegelrohlingen durch Hochtemperaturerhitzung, der normalerweise in einem Vakuum oder einer Wasserstoffatmosphäre durchgeführt wird.

Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP): Eine Methode zur Erkennung von Defekten, ohne die Tiegelstruktur zu zerstören, wie z. B. Ultraschallprüfung und Eindringprüfung.

Kreislaufwirtschaft: Ein Wirtschaftsmodell, das den Wert von Ressourcen durch Recycling und Wiederverwendung maximiert und auf die Abfallwirtschaft aus Molybdäntiegeln angewendet wird.

Spinnen: Eine Technik zur Verarbeitung von Molybdänplatten zu Tiegeln durch rotierende Formen und Druck, die für dünnwandige und komplex geformte Tiegel geeignet ist.

Sinterofen: Ausrüstung, die Molybdänpulver bei niedrigem Druck ($<10^{-3}\text{ Pa}$) erhitzt, um Tiegel mit hoher Dichte herzustellen.

Dotierung: Zugabe von Spurenelementen zu Molybdän, um die mechanischen Eigenschaften oder die Oxidationsbeständigkeit zu verbessern.

Copyright and Legal Liability Statement

Qualitätsrückverfolgbarkeit: Eine Methode zur Verfolgung der Qualität von Molybdäntiegeln durch Aufzeichnung von Produktions-, Inspektions- und Verwendungsdaten zur Unterstützung der Fehleranalyse.

B. Verweise

- [1] China Tungsten Online. Leistung und Anwendung von Molybdäntiegeln. news.chinatungsten.com, 2020.
- [2] Wikipedia. Thermodynamische Eigenschaften von Molybdän. zh.wikipedia.org, 2020.
- [3] Chinesischer Verband der Wolframindustrie. Mikrostrukturanalyse von Molybdäntiegeln. ctia.com.cn, 2021.
- [4] ASM International. Refraktärmetalle und Legierungen. asm.org, 2019.
- [5] Thermo Fisher Wissenschaftlich. Physikalische und chemische Eigenschaften von Molybdän. thermofisher.com, 2022.
- [6] Chinatungsten Online. Technische Vorteile von dotierten Molybdäntiegeln. www.molybdenum.com.cn, 2021.
- [7] Chinesischer Verband der Wolframindustrie. Molybdän-Tiegelinspektion und Fehleranalyse. ctia.com.cn, 2023.
- [8] Wikipedia. Analyse von Materialfehlern. zh.wikipedia.org, 2021.
- [9] Chinatungsten Online. Qualitätskontrolltechnologie für Molybdäntiegel. news.chinatungsten.com, 2022.
- [10] ASM International. Fehleranalyse von Refraktärmetallen. asm.org, 2021.
- [11] Thermo Fisher Wissenschaftlich. Zerstörungsfreie Prüfung auf Molybdän. thermofisher.com, 2023.
- [12] Zeitschrift für Materialwissenschaft. Versagensmechanismen des Molybdän-Tiegels, 2023.

Copyright and Legal Liability Statement