

Vollständige Anleitung zur Molybdänelektrode

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

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

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

EINFÜHRUNG IN DIE CTIA GROUP

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

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

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

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



ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

INHALT

Kapitel 1 Überblick über Molybdän-Elektroden

- 1.1 Was ist eine Molybdän-Elektrode?
- 1.2 Geschichte und Entwicklung der Molybdän-Elektroden
- 1.3 Bedeutung von Molybdänelektroden in der modernen Industrie

Kapitel 2 Grundlegende Eigenschaften von Molybdänelektroden

- 2.1 Physikalische Eigenschaften von Molybdänelektroden
 - 2.1.1 Schmelzpunkt und Dichte von Molybdänelektroden
 - 2.1.2 Elektrische und thermische Leitfähigkeit von Molybdänelektroden
 - 2.1.3 Thermischer Ausdehnungskoeffizient und mechanische Festigkeit von Molybdänelektroden
- 2.2 Chemische Eigenschaften von Molybdänelektroden
 - 2.2.1 Korrosionsbeständigkeit und chemische Stabilität von Molybdänelektroden
 - 2.2.2 Hochtemperatur-Oxidationsverhalten von Molybdänelektroden
- 2.3 Formen und Spezifikationen von Molybdänelektroden
 - 2.3.1 Gängige Formen (Stange, Platte, Draht, etc.)
 - 2.3.2 Abmessungen und Anpassungsmöglichkeiten

Kapitel 3 Herstellungsprozess von Molybdänelektroden

- 3.1 Rohstoffquellen und Zubereitung
 - 3.1.1 Gewinnung von Molybdänerz
 - 3.1.2 Herstellung von hochreinem Molybdänpulver
- 3.2 Kernherstellungsverfahren von Molybdänelektroden
 - 3.2.1 Verfahren der Pulvermetallurgie
 - 3.2.1.1 Pressen und Formen
 - 3.2.1.2 Hochtemperatur-Sintern
 - 3.2.2 Weiterverarbeitung (Schmieden, Walzen, Ziehen)
- 3.3 Oberflächenbehandlung und Qualitätskontrolle von Molybdänelektroden
 - 3.3.1 Polieren und Antioxidationsbehandlung
 - 3.3.2 Methoden der Leistungsprüfung
- 3.4 Innovationen und Verbesserungen in der Herstellung von Molybdänelektroden
 - 3.4.1 Neue Technologien (z.B. 3D-Druck)
 - 3.4.2 Umweltfreundliche Produktionstrends

Kapitel 4 Wichtige Produktionsregionen von Molybdänelektroden

- 4.1 Weltweite Verteilung der Molybdänressourcen
 - 4.1.1 Wichtige Molybdänabbaugebiete (China, USA, Chile usw.)
 - 4.1.2 Molybdänproduktion und -reserven
- 4.2 Produktionsgrundlagen für Molybdänelektroden

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

- 4.2.1 China (Shaanxi, Henan, etc.)
- 4.2.2 USA (Colorado, Utah, etc.)
- 4.2.3 Europa (Österreich, Deutschland, etc.)
- 4.2.4 Andere Länder (Russland, Kanada, etc.)
- 4.3 Produktionsunternehmen
 - 4.3.1 Haupthersteller von Molybdänelektroden: China Wolfram High-Tech
 - 4.3.1.1 Leistungsvergleichstabelle von chinesischen Wolfram-High-Tech-Elektroden aus Molybdän und Molybdänlegierungen
 - 4.3.1.2 Leistung von chinesischen High-Tech-Molybdänelektroden aus Wolfram

Kapitel 5 Anwendungsgebiete von Molybdänelektroden

- 5.1 Glasindustrie
 - 5.1.1 Elektroden für Glasöfen
 - 5.1.2 Optisches Glas und Spezialglasherstellung
- 5.2 Metallurgische Industrie
 - 5.2.1 Hochtemperatur-Schmelz- und Lichtbogenöfen
 - 5.2.2 Rolle bei der Herstellung von Legierungen
- 5.3 Elektronik- und Halbleiterindustrie
 - 5.3.1 Vakuumröhren und Entladungsröhren
 - 5.3.2 Dünnschichtabscheidung und mikroelektronische Bauelemente
- 5.4 Wissenschaftliche Forschung und spezielle Anwendungen
 - 5.4.1 Hochtemperatur-Versuchsgeräte
 - 5.4.2 Luft- und Raumfahrt und Nuklearindustrie
- 5.5 Neue Anwendungsfelder
 - 5.5.1 Anlagen für erneuerbare Energien
 - 5.5.2 Komponenten von Medizinprodukten

Kapitel 6 Vor- und Nachteile und Grenzen von Molybdänelektroden

- 6.1 Vorteile von Molybdän-Elektroden
 - 6.1.1 Stabilität bei hohen Temperaturen und lange Lebensdauer
 - 6.1.2 Ausgezeichnete elektrische Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit
 - 6.1.3 Zuverlässigkeit in extremen Umgebungen
- 6.2 Nachteile und Grenzen von Molybdänelektroden
 - 6.2.1 Empfindlichkeit gegenüber Oxidation und Umwelteinflüssen
 - 6.2.2 Schwierigkeiten und Kosten bei der Verarbeitung
 - 6.2.3 Sprödigkeit und mechanische Leistungseinschränkungen
- 6.3 Verbesserungsmaßnahmen für Molybdänelektroden
 - 6.3.1 Anti-Oxidations-Technologien
 - 6.3.2 Entwicklung von Verbundwerkstoffen

Kapitel 7 Vergleich von Molybdänelektroden mit anderen Elektrodenmaterialien

- 7.1 Vergleich mit Wolframelektroden

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

- 7.1.1 Leistungsunterschiede
- 7.1.2 Anwendungsszenarien
- 7.2 Vergleich mit Graphitelektroden
 - 7.2.1 Haltbarkeit und Kosten
 - 7.2.2 Leistung bei hohen Temperaturen
- 7.3 Vergleich mit Kupferelektroden
 - 7.3.1 Elektrische Leitfähigkeit und Wärmebeständigkeit
 - 7.3.2 Nutzungsumgebung
- 7.4 Vergleich mit Edelmetallelektroden (z.B. Platin)
 - 7.4.1 Wirtschaftlichkeit und spezialisierte Anwendungen
- 7.5 Zusammenfassung des umfassenden Vergleichs

Kapitel 8 Hauptmärkte für Molybdän-Elektrodenanwendungen

- 8.1 Asien-Pazifik
 - 8.1.1 China (Glas- und Metallurgiemärkte)
 - 8.1.2 Japan und Südkorea (Elektronik und Halbleiter)
 - 8.1.3 Indien (Nachfrage nach Industrialisierung)
- 8.2 Nordamerika
 - 8.2.1 USA (Glas und Luft- und Raumfahrt)
 - 8.2.2 Kanada (Metallurgie und Forschung)
- 8.3 Europa
 - 8.3.1 Deutschland (Industrielle Fertigung und optisches Glas)
 - 8.3.2 Frankreich und das Vereinigte Königreich (spezialisierte Anwendungen)
- 8.4 Weitere Regionen
 - 8.4.1 Südamerika (metallurgische Nachfrage in Chile und Peru)
 - 8.4.2 Naher Osten und Afrika (Potenzial für aufstrebende Märkte)
- 8.5 Merkmale der globalen Anwendungsmärkte
 - 8.5.1 Verteilung in der Industrie
 - 8.5.2 Regionale Unterschiede

Anhang

- A. Glossar
- B. Verweise
- C. Technische Normen und Spezifikationen für Molybdänelektroden

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

Kapitel 1 Überblick über die Molybdänelektrode

1.1 Was ist eine Molybdänelektrode?

Die Molybdänelektrode ist ein Hochleistungselektrodenmaterial mit Molybdän (Molybdän, <http://molybdenum.com.cn>) als Hauptbestandteil. Es ist aufgrund seiner hervorragenden Hochtemperaturleistung, Korrosionsbeständigkeit und Leitfähigkeit in vielen Industriebereichen weit verbreitet. Molybdän ist ein Übergangsmetall mit dem Elementsymbol Mo und der Ordnungszahl 42. Es kommt in der Natur hauptsächlich in Form von Molybdänit (MoS_2) vor. Molybdänelektroden werden in der Regel durch pulvermetallurgisches Verfahren hergestellt. Der Molybdängehalt muss im Allgemeinen mehr als 99,95 % erreichen und die Dichte beträgt mehr als $10,15 \text{ g/cm}^3$, um die Stabilität in extremen Umgebungen zu gewährleisten. Als Funktionsmaterial können Molybdänelektroden stabförmig, plattenförmig oder drahtförmig sein. Die konkrete Form hängt von ihrem Anwendungsszenario ab. Zum Beispiel werden stabförmige Designs hauptsächlich in Glasschmelzöfen verwendet, während drahtförmige Molybdänelektroden in einigen elektronischen Geräten verwendet werden können.

Der Hauptvorteil von Molybdänelektroden liegt in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften. Sein Schmelzpunkt liegt bei bis zu 2623°C und ist damit nach Wolfram der zweithöchste Wert, was es ihm ermöglicht, extrem hohen Temperaturen standzuhalten, ohne zu schmelzen oder sich zu verformen. Darüber hinaus hat Molybdän einen niedrigen spezifischen Widerstand (ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$) und eine hohe Wärmeleitfähigkeit ($138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), wodurch es sich hervorragend für Anwendungen eignet, die eine effiziente Strom- und Wärmeleitung erfordern. Gleichzeitig weist Molybdän eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit in nicht oxidierenden Säuren, geschmolzenem Glas und bestimmten alkalischen Umgebungen auf, was seine industrielle Verwendung weiter erweitert. Molybdänelektroden haben jedoch auch Einschränkungen, wie z. B. die einfache Erzeugung flüchtiger Oxide (wie MoO_3) in oxidierenden Atmosphären, so dass sie in der Regel in inerten Gasen (wie Argon oder Stickstoff) oder reduzierenden Umgebungen (wie Wasserstoff) eingesetzt werden müssen.

Strukturell haben die mikroskopisch kleine Korngröße und Dichte von Molybdänelektroden einen erheblichen Einfluss auf ihre Leistung. Durch die Kontrolle der Sinterbedingungen während des Produktionsprozesses von hochreinen Molybdänelektroden kann eine gleichmäßige Kornstruktur erhalten werden, wodurch ihre mechanische Festigkeit und Haltbarkeit verbessert wird. Laut China Tungsten Online Technology Co., Ltd. muss die Oberfläche von Molybdänelektroden in der Regel poliert werden, um das Risiko von Lichtbogenentladungen und Korrosion während des Gebrauchs zu verringern. Darüber hinaus können Molybdänelektroden auch an die Kundenbedürfnisse angepasst werden, z. B. durch Zugabe von Seltenerdspuren (wie Lanthan oder Cer) in bestimmten Anwendungen, um ihre Kriechfestigkeit bei hohen Temperaturen zu verbessern.

In der Industrie sind Molybdänelektroden weit verbreitet. In der Glasindustrie wird es beispielsweise als Heizelement für vollelektrische Glasschmelzöfen verwendet, die geschmolzenes Glas direkt elektrisch erhitzen können und so die traditionelle Schweröl- oder Gasenergie ersetzen.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Diese Substitution verbessert nicht nur die Produktionseffizienz, sondern reduziert auch die Kohlenstoffemissionen erheblich, was dem aktuellen Trend der grünen Fertigung entspricht. In der metallurgischen Industrie werden Molybdänelektroden häufig in Hochtemperatur-Schmelzöfen oder Lichtbogenöfen eingesetzt, um Hochleistungslegierungen herzustellen. In der Elektronikindustrie werden Molybdän-Elektroden aufgrund ihrer hohen Leitfähigkeit und Stabilität häufig als Elektrodenmaterialien für Vakuumröhren oder Halbleiterbauelemente eingesetzt.

1.2 Geschichte und Entwicklung der Molybdänelektroden

Die Entwicklungs- und Anwendungsgeschichte von Molybdänelektroden lässt sich bis ins späte 19. und frühe 20. Jahrhundert zurückverfolgen, als Wissenschaftler und Ingenieure begannen, das Potenzial von Metallen mit hohem Schmelzpunkt in der Industrie zu erforschen. Da es sich um ein seltenes Metall handelt, begann die industrielle Anwendung von Molybdän erst spät, was vor allem auf den Mangel an Raffinations- und Verarbeitungstechnologie zu dieser Zeit zurückzuführen war. Die frühesten Molybdänprodukte wurden durch chemische Reduktion aus Molybdänerzen gewonnen, aber die Reinheit war gering und konnte die Anforderungen an Elektrodenmaterialien nicht erfüllen. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts traten Molybdänelektroden mit dem Durchbruch der Pulvermetallurgie-Technologie allmählich in die industrielle Produktion ein.

In den 1920er Jahren begannen Molybdänelektroden in der Glasindustrie aufzutauchen. Zu dieser Zeit stützte sich die Glasherstellung hauptsächlich auf Heizöl- oder Gasheizungen, die ineffizient und umweltschädlich waren. Mit dem Aufkommen der elektrischen Schmelztechnologie stellte man fest, dass Molybdän aufgrund seines hohen Schmelzpunkts und seiner Korrosionsbeständigkeit sehr gut als Elektrodenmaterial in Glasschmelzöfen geeignet ist. In den späten 1920er Jahren übernahmen einige Glashersteller in den Vereinigten Staaten die Führung bei dem Versuch, Molybdänelektroden zu verwenden, und stellten fest, dass sie nicht nur den hohen Temperaturen und der Korrosivität von geschmolzenem Glas standhalten, sondern auch die Transparenz und Qualität von Glas erheblich verbessern konnten. Diese Entdeckung förderte den weit verbreiteten Einsatz von Molybdänelektroden in der Glasindustrie.

Während des Zweiten Weltkriegs stieg die Nachfrage nach Molybdän sprunghaft an, da es in großem Umfang zur Herstellung von Hochtemperaturlegierungen in militärischer Ausrüstung wie Panzerungen und Flugzeugtriebwerksteilen verwendet wurde. Obwohl Molybdänelektroden zu dieser Zeit nicht das Hauptprodukt waren, legte die Weiterentwicklung der Molybdänverarbeitungstechnologie nach dem Krieg den Grundstein für die weitere Entwicklung der Molybdänelektroden. In den 1950er Jahren, mit der Popularisierung der vollelektrischen Glasschmelzöfen, wurden Molybdänelektroden zu einem unverzichtbaren Bestandteil der Glasindustrie. Gleichzeitig eröffnete die rasante Entwicklung der Elektronikindustrie auch neue Märkte für Molybdänelektroden, wie z. B. Schlüsselelektrodenmaterialien in Vakuumröhren und Entladungsröhren.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts haben sich die Anwendungsbereiche von Molybdänelektroden weiter erweitert. Die Luft- und Raumfahrtindustrie begann, Molybdänelektroden zur Herstellung

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

von Hochtemperatur-Versuchsgeräten und Kernreaktorkomponenten zu verwenden, und das Aufkommen neuer Energiefelder (wie Solarzellen und Windkraftanlagen) brachte auch neue Wachstumspunkte für Molybdänelektroden mit sich. Gemäß der "Anwendung und Entwicklung von Molybdän" [2] wurde der Herstellungsprozess von Molybdänelektroden in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert. So wurde die Leistung beispielsweise durch die Dotierung mit Seltenen Erden oder die Einführung neuer Oberflächenbeschichtungstechnologien erheblich verbessert. Darüber hinaus haben Molybdänelektroden mit den immer strengeren Umweltvorschriften aufgrund ihrer geringen Schadstoffeigenschaften nach und nach einige traditionelle Materialien ersetzt und sind zu einer wichtigen Wahl für eine umweltfreundliche Produktion geworden.

Aus globaler Sicht ist die Entwicklung von Molybdänelektroden eng mit dem Industrialisierungsprozess Chinas, der Vereinigten Staaten und Europas verbunden. Als heute größter Molybdänproduzent hat Chinas Molybdänelektrodenindustrie in den letzten Jahrzehnten rasant zugenommen, insbesondere in Gebieten, die reich an Molybdänvorkommen sind, wie Shaanxi und Henan. Die Vereinigten Staaten und Europa hingegen dominieren den Markt für High-End-Molybdänelektroden mit fortschrittlicher Produktionstechnologie und F&E-Kapazitäten. So sind beispielsweise Climax Molybdenum in den USA und Plansee in Österreich Branchenführer in der Präzisionsbearbeitung und kundenspezifischen Anpassung von Molybdänelektroden.

1.3 Die Bedeutung von Molybdänelektroden in der modernen Industrie

In der modernen Industrie spiegelt sich die Bedeutung von Molybdänelektroden in vielen Aspekten wider. Erstens ist es aufgrund seiner hervorragenden Leistung bei hohen Temperaturen und korrosiven Umgebungen die ideale Wahl für viele Schlüsselprozesse. Am Beispiel der Glasindustrie liegt die Betriebstemperatur des vollelektrischen Glasofens in der Regel bei über 1500 ° C, und die Glasschmelze enthält auch eine Vielzahl von korrosiven Bestandteilen (wie z. B. Alkalimetalloxide). Molybdänelektroden können unter solch extremen Bedingungen lange Zeit stabil arbeiten, und ihre Lebensdauer kann Tausende von Stunden erreichen, wodurch die Wartungskosten und Ausfallzeiten der Geräte erheblich reduziert werden.

Zweitens bieten Molybdänelektroden aufgrund ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit erhebliche Vorteile in Szenarien, in denen eine effiziente Energieübertragung erforderlich ist. In der Elektronikindustrie werden Molybdänelektroden beispielsweise als Sputtertargets für die Herstellung von Dünnschichttransistoren und Bildschirmen eingesetzt, und ihre gleichmäßige Stromverteilung und Wärmeleitfähigkeit sorgen für die Stabilität der Produktqualität. In der metallurgischen Industrie kann der Einsatz von Molybdänelektroden in Elektrolichtbogenöfen die Schmelzeffizienz verbessern und zur Herstellung hochfester Spezialstähle und Legierungen beitragen.

Darüber hinaus spiegelt sich auch die Umweltfreundlichkeit von Molybdänelektroden in ihrer Bedeutung wider. Traditionelle Glasschmelzverfahren sind auf fossile Brennstoffe angewiesen, die nicht nur viel Energie verbrauchen, sondern auch viel Kohlendioxid und Sulfide produzieren. Die elektrische Schmelztechnologie mit Molybdänelektroden wird mit elektrischer Energie beheizt und

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

erzeugt nahezu keine Schadstoffe, was im Einklang mit den globalen Emissionsreduktionszielen steht. Laut einem Bericht von China Tungsten Online [1] kann die Verwendung von Molybdänelektroden die Kohlenstoffemissionen jedes Jahr um Zehntausende von Tonnen reduzieren, was unter den aktuellen Umweltrichtlinien besonders wichtig ist.

Molybdänelektroden haben auch eine Rolle bei der Förderung der Entwicklung neuer Technologien gespielt. In der Luft- und Raumfahrt werden Molybdänelektroden beispielsweise zur Herstellung von hochtemperaturbeständigen Versuchsofen eingesetzt, um die Leistungsfähigkeit neuer Materialien in extremen Umgebungen zu testen. In der Nuklearindustrie werden Molybdänelektroden aufgrund ihrer Strahlungsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität in bestimmten Komponenten von Kernreaktoren eingesetzt. Mit der Popularisierung von Anlagen für erneuerbare Energien wird auch die potenzielle Anwendung von Molybdänelektroden in Solarzellen und Energiespeichersystemen untersucht.

Aus wirtschaftlicher Sicht geht die hohe Leistungsfähigkeit von Molybdänelektroden zwar mit höheren Anschaffungskosten einher, aber ihre lange Lebensdauer und ihr geringer Wartungsaufwand machen ihre Gesamtwirtschaftlichkeit besser als bei vielen alternativen Materialien. In der Glasindustrie beispielsweise können die Kosten für die Verwendung eines Satzes Molybdänelektroden 30 % höher sein als die für Graphitelektroden, aber seine Lebensdauer ist 2-3 mal so hoch wie die von Graphit, was letztendlich die Produktionskosten pro Produkteinheit senkt. Dieser wirtschaftliche Vorteil macht Molybdänelektroden auf dem Weltmarkt sehr wettbewerbsfähig.



CTIA GROUP LTD Molybdänelektrode Bilder

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

Kapitel 2 Grundlegende Eigenschaften von Molybdänelektroden

2.1 Physikalische Eigenschaften von Molybdänelektroden

2.1.1 Schmelzpunkt und Dichte von Molybdänelektroden

Der Schmelzpunkt von Molybdänelektroden liegt bei bis zu 2623°C , was sie nach Wolfram (3422°C) zu einem der wenigen Materialien macht, die die strukturelle Integrität bei extrem hohen Temperaturen aufrechterhalten können. Der hohe Schmelzpunkt ist auf die starken metallischen Bindungen zwischen Molybdänatomen zurückzuführen, die es schwierig machen, seine Kristallstruktur bei hohen Temperaturen zu kollabieren. In praktischen Anwendungen, wie z. B. Glasschmelzöfen, liegt die Betriebstemperatur in der Regel zwischen 1600 und 1800°C , und Molybdänelektroden können dieser Temperatur problemlos standhalten, ohne zu schmelzen oder signifikant zu erweichen.

Die Dichte von Molybdän liegt bei $10,2\text{ g/cm}^3$ und damit etwas niedriger als bei Wolfram ($19,25\text{ g/cm}^3$), aber deutlich höher als bei gängigen Industriemetallen wie Eisen ($7,87\text{ g/cm}^3$). Diese Dichte gewährleistet nicht nur die strukturelle Stabilität der Molybdänelektrode, sondern macht sie auch mittelschwer und einfach zu verarbeiten und zu installieren. Die Dichte wirkt sich direkt auf die Dichte und die mechanischen Eigenschaften der Elektrode aus. Während des Produktionsprozesses kann die Dichte der Molybdänelektroden durch die Kontrolle der Sinterbedingungen (wie Temperatur und Druck) in der Regel mehr als 98 % des theoretischen Wertes erreichen, wodurch die innere Porosität reduziert und die Haltbarkeit verbessert wird.

In tatsächlichen Tests übertreffen Molybdänelektroden mit ihren Schmelzpunkt- und Dichteigenschaften viele herkömmliche Materialien in Hochtemperaturumgebungen. So können Molybdänelektroden beispielsweise beim Schmelzen von Glas über einen längeren Zeitraum ohne nennenswerte physikalische Degradation mit geschmolzenem Glas belichtet werden. Laut der Studie "Physical and Chemical Properties of Molybdenum Materials" [1] verleihen der hohe Schmelzpunkt und die moderate Dichte den Molybdänelektroden Stabilität und Zuverlässigkeit unter extremen Bedingungen.

2.1.2 Elektrische und thermische Leitfähigkeit von Molybdänelektroden

Die elektrische Leitfähigkeit von Molybdän-Elektroden ist einer ihrer Hauptvorteile als Elektrodenmaterial. Sein spezifischer Widerstand beträgt $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$, was etwas höher ist als bei Kupfer ($1,68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$), aber er ist bereits ein hervorragendes Niveau unter den Hochtemperatur-Messgeräten. Dieser spezifische Widerstand ermöglicht es Molybdänelektroden, Strom effizient zu übertragen, wenn sie mit Strom versorgt werden, wodurch Energieverluste reduziert werden. In einem Glasschmelzofen erzeugen Molybdänelektroden Joule-Wärme, indem sie Strom direkt leiten, und ihre elektrische Leitfähigkeit bestimmt direkt den Heizwirkungsgrad und die Temperaturgleichmäßigkeit.

Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdän beträgt $138\text{ W/m} \cdot \text{K}$, was viel höher ist als die von Graphit (ca. $30\text{--}50\text{ W/m} \cdot \text{K}$) und nach Kupfer ($401\text{ W/m} \cdot \text{K}$) an zweiter Stelle steht. Hohe

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Wärmeleitfähigkeit bedeutet, dass Molybdänelektroden schnell Wärme aus dem Inneren der Elektrode an die äußere Umgebung übertragen können, um eine lokale Überhitzung zu vermeiden. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig bei Anwendungen, die eine präzise Temperaturregelung erfordern. Bei der Herstellung von optischem Glas beispielsweise trägt die gleichmäßige Wärmeleitfähigkeit von Molybdänelektroden dazu bei, thermische Belastungsdefekte im Glas zu reduzieren.

In der Praxis ist die elektrische und thermische Leitfähigkeit von Molybdänelektroden weitgehend verifiziert. Wenn beispielsweise beim Sputtern in der Halbleiterindustrie Molybdänelektroden als Targets verwendet werden, gewährleisten ihre effizienten Strom- und Wärmeleitfähigkeiten die Gleichmäßigkeit der Dünnschichtabscheidung. Laut den Informationen von China Tungsten Online [2] bieten diese Eigenschaften von Molybdänelektroden offensichtliche Vorteile in elektronischen Hochleistungsgeräten.

2.1.3 Thermischer Ausdehnungskoeffizient und mechanische Festigkeit von Molybdänelektroden

Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdän liegt bei $4,8 \times 10^{-6}/K$ und damit deutlich unter dem von Kupfer ($16,5 \times 10^{-6}/K$) und Stahl ($11-13 \times 10^{-6}/K$). Diese Eigenschaft bedeutet, dass sich Molybdänelektroden bei drastischen Temperaturänderungen weniger verformen und die strukturelle Integrität erhalten bleiben kann. Im Glasschmelzofen muss die Molybdänelektrode einen schnellen Aufheizprozess von Raumtemperatur auf hohe Temperatur durchlaufen, und der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient reduziert effektiv das Risiko von Rissen, die durch thermische Belastung verursacht werden.

Die mechanische Festigkeit von Molybdän ist auch bei hohen Temperaturen noch hervorragend. Seine Zugfestigkeit bei Raumtemperatur beträgt etwa 600-800 MPa, die mit steigender Temperatur allmählich abnimmt, aber immer noch etwa 300 MPa bei $1000^{\circ}C$ aufrechterhalten kann. Diese Festigkeit reicht aus, um mechanischen Belastungen in industriellen Anwendungen standzuhalten. Molybdän hat jedoch eine geringe Duktilität, vor allem bei niedrigen Temperaturen ist es spröde und anfällig für Sprödbbruch. Daher ist es während der Verarbeitung und Installation in der Regel notwendig, auf $200-300^{\circ}C$ zu erhitzen, um die Plastizität zu verbessern.

In der Praxis wirken sich der Wärmeausdehnungskoeffizient und die mechanische Festigkeit von Molybdänelektroden direkt auf ihre Lebensdauer aus. In Hochtemperatur-Versuchsöfen müssen Molybdänelektroden beispielsweise häufigen thermischen Zyklen standhalten. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient reduziert Ermüdungsschäden, während die hohe mechanische Festigkeit die Stabilität ihrer Struktur gewährleistet.

2.2 Chemische Eigenschaften von Molybdänelektroden

2.2.1 Korrosionsbeständigkeit und chemische Stabilität von Molybdänelektroden

Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänelektroden in nicht oxidierenden Umgebungen ist einer ihrer Hauptvorteile. Es kann der Korrosion durch eine Vielzahl chemischer Substanzen

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

widerstehen, einschließlich nicht oxidierender Säuren wie Salzsäure, Schwefelsäure und Flusssäure. In der Glasindustrie enthält geschmolzenes Glas eine Vielzahl von korrosiven Bestandteilen (wie Na_2O und K_2O), und Molybdänelektroden können in dieser Umgebung lange Zeit ohne nennenswerte Korrosion verwendet werden. Experimentellen Daten zufolge beträgt die Korrosionsrate von Molybdän in geschmolzenem Glas in der Regel weniger als 0,1 mm/Jahr, was viel niedriger ist als die von Graphit oder Stahl.

Die chemische Stabilität von Molybdän spiegelt sich auch in seiner Korrosionsbeständigkeit gegenüber geschmolzenen Metallen wider. In der metallurgischen Industrie werden Molybdänelektroden häufig zum Schmelzen von Metallen wie Aluminium und Magnesium eingesetzt. Ihre Oberflächen reagieren nicht chemisch mit diesen Metallen, wodurch die Integrität der Elektrode erhalten bleibt. In stark oxidierenden Säuren (wie z. B. Salpetersäure) weist Molybdän jedoch eine schlechte Korrosionsbeständigkeit auf und korrodiert leicht und schnell.

2.2.2 Hochtemperatur-Oxidationsverhalten von Molybdänelektroden

Das Oxidationsverhalten von Molybdänelektroden bei hohen Temperaturen ist eine ihrer Haupteinschränkungen. Wenn die Temperatur 600 °C überschreitet, reagiert Molybdän mit Sauerstoff unter Bildung von Molybdäntrioxid (MoO_3), einer flüchtigen Verbindung, die einen schnellen Verlust der Elektrodenoberfläche verursacht. In Luft über 1000° C wird die Oxidationsrate von Molybdän deutlich beschleunigt, wodurch die Elektrodenstruktur innerhalb weniger Stunden vollständig zerstört werden kann. Daher müssen Molybdänelektroden in der Regel in einem Inertgas (z. B. Argon) oder einer reduzierenden Atmosphäre (z. B. Wasserstoff) betrieben werden.

Um dieses Problem zu lösen, wird in der Industrie häufig Oberflächenbeschichtungstechnologie eingesetzt, wie z. B. die Beschichtung von Molybdänsilizid (MoSi_2) oder Aluminiumoxidschichten, um deren Oxidationsbeständigkeit zu verbessern. Diese Beschichtungen können bei hohen Temperaturen einen Schutzfilm bilden, wodurch die Lebensdauer von Molybdänelektroden deutlich verlängert wird. So kann in einigen Versuchsofen die Lebensdauer von beschichteten Molybdänelektroden im Vergleich zu unbeschichteten Elektroden um mehr als 50 % verlängert werden.

2.3 Form und Spezifikationen der Molybdänelektrode

2.3.1 Gängige Formen von Molybdänelektroden (Stäbe, Platten, Drähte usw.)

Molybdänelektroden haben verschiedene Formen und sind für unterschiedliche Verwendungszwecke konzipiert. Die gebräuchlichste Form sind stabförmige Molybdänelektroden mit einem Durchmesser von meist 20-152,4 mm und einer Länge von bis zu 1500 mm. Sie werden hauptsächlich in Glasschmelzöfen und metallurgischen Öfen eingesetzt. Plattenförmige Molybdänelektroden werden hauptsächlich in Szenarien eingesetzt, in denen große Leitfähigkeitsbereiche erforderlich sind, wie z. B. Halbleiter-Sputtertargets, und ihre Dicke im Allgemeinen 2-20 mm beträgt. Drahtförmige Molybdänelektroden haben in der Regel einen Durchmesser von 0,1-3 mm und werden häufig im Präzisionsschweißen oder in elektronischen Geräten eingesetzt.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Die Verarbeitungstechnologie für jedes Formular ist unterschiedlich. So müssen beispielsweise stabförmige Elektroden durch Schmieden und Drehen geformt werden, während drahtförmige Elektroden mehrere Drahtziehprozesse durchlaufen müssen. Laut Daten von China Tungsten Online [2] gibt es keinen signifikanten Unterschied in der Leistung zwischen Molybdänelektroden verschiedener Formen, aber ihre Anwendungsszenarien variieren erheblich.

2.3.2 Größe der Molybdänelektrode und Anpassungsmöglichkeiten

Molybdänelektroden sind in einer Vielzahl von Größen erhältlich, um eine Vielzahl von industriellen Anforderungen zu erfüllen. Standard-Stabelektroden haben einen Durchmesser von 20 mm bis 152,4 mm und können bis zu einer Länge von 2 m an das Ofendesign angepasst werden. Plattenelektroden sind flexibler in der Größe, mit Breiten und Längen von bis zu 500 mm × 1000 mm. Drahtelektroden können für hochpräzise Anwendungen einen mikrometergenauen Durchmesser haben.

Die Anpassung ist ein Hauptmerkmal von Molybdänelektroden. Kunden können Größe, Reinheit und Oberflächenbehandlung je nach Bedarf festlegen. So können beispielsweise in der Luft- und Raumfahrt extralange Molybdänelektroden erforderlich sein, um spezielle Versuchsöfen aufzunehmen, während in der Elektronikindustrie ultradünne Molybdänplatten erforderlich sein können, um die Anforderungen der Dünnschichtabscheidung zu erfüllen. Hersteller wie CTIA GROUP LTD (Xiamen) Technology Co., Ltd. können vom Design bis zur Verarbeitung Full-Process-Anpassungsdienste anbieten.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Elektroden-Bild

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

Kapitel 3 Herstellungsprozess der Molybdänelektrode

3.1 Beschaffung und Aufbereitung der Rohstoffe für die Molybdänelektrode

3.1.1 Gewinnung von Molybdänerz

Die Herstellung der Molybdänelektrode beginnt mit der Gewinnung von Molybdänerz. Molybdän kommt in der Natur hauptsächlich in Form von Molybdänit (MoS_2) vor und macht mehr als 90 % der weltweiten Molybdänreserven aus. Molybdänit koexistiert in der Regel mit Kupferminen und wird in Henan, Shaanxi, Colorado, USA, und im Chuquicamata-Abbaugbiet in Chile vertrieben. Der Extraktionsprozess trennt zunächst das Molybdänkonzentrat durch Flotationstechnologie vom Erz, und sein Molybdängehalt kann 45 % bis 50 % erreichen. Anschließend wird das Konzentrat bei hoher Temperatur geröstet, um Molybdäntrioxid (MoO_3) herzustellen. Dieser Schritt muss an der Luft durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass Sulfide in Oxide umgewandelt werden und Schwefeldioxidgas freigesetzt wird.

Das geröstete Molybdäntrioxid wird durch chemische Methoden weiter gereinigt, in der Regel unter Verwendung von Säure-Base-Extraktions- oder Lösungsmittelextraktionstechnologie, um Verunreinigungen (wie Eisen, Kupfer und Blei) zu entfernen. Um die Reinheit zu verbessern, wird in der Industrie häufig das Ammoniakverfahren verwendet, um Molybdäntrioxid in Ammoniumparawolframat (APT, $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$) umzuwandeln und es dann durch Hochtemperaturzersetzung zu hochreinem Molybdänoxid zu reduzieren. Diese Methode kann den Verunreinigungsgehalt auf wenige Teile pro Million (ppm-Gehalt) reduzieren und erfüllt damit die hohen Reinheitsanforderungen von Molybdänelektroden. Laut China Tungsten Online (<http://www.tungsten-oxide.com>) ist China mit einer Produktion von mehr als 120.000 Tonnen im Jahr 2023 der weltweit größte Produzent von Molybdänerz, was mehr als 40 % der Welt entspricht.

3.1.2 Herstellung von hochreinem Molybdänpulver

Hochreines Molybdänpulver ist der Kernrohstoff für die Herstellung von Molybdänelektroden und wird in der Regel aus Molybdäntrioxid oder Ammoniumparawolframat durch Wasserstoffreduktion hergestellt. Der Reduktionsprozess wird in einer Wasserstoffatmosphäre mit hoher Temperatur (800-1000 °C) durchgeführt, und die Reaktionsgleichung lautet: $\text{MoO}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{Mo} + 3\text{H}_2\text{O}$. Die Wasserstoffreduktionsmethode kann den Sauerstoffgehalt erheblich reduzieren, so dass die Reinheit des Molybdänpulvers mehr als 99,95% erreicht und die Partikelgröße im Allgemeinen zwischen 1 und 5 μm liegt, was für den nachfolgenden pulvermetallurgischen Prozess geeignet ist.

Um die Leistung von Molybdänpulver weiter zu optimieren, wird in der Industrie häufig die Kugelmahl- oder Luftströmungsfrästechnologie eingesetzt, um die Partikelgrößenverteilung anzupassen und die Gleichmäßigkeit der Partikel zu gewährleisten. Die Gleichmäßigkeit der Partikelgrößenverteilung wirkt sich direkt auf die Dichte des Pressformmaterials und die mechanischen Eigenschaften nach dem Sintern aus. China Tungsten Online (<http://www.tungsten-oxide.com>)

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

powder.com) wies darauf hin, dass in den letzten Jahren die Forschung und Entwicklung von nanoskaligem Molybdänpulver Aufmerksamkeit erregt hat und seine kleinere Partikelgröße die Dichte und Leitfähigkeit von Molybdänelektroden verbessern kann. Die Produktionskosten für Nano-Molybdänpulver sind jedoch relativ hoch und es wird derzeit hauptsächlich in High-End-Anwendungen eingesetzt.

3.2 Kernherstellungsprozess der Molybdänelektrode

3.2.1 Verfahren der Pulvermetallurgie

3.2.1.1 Pressen

Die Pulvermetallurgie ist das Mainstream-Verfahren für die Herstellung von Molybdänelektroden, und der erste Schritt ist das Pressformen. Hochreines Molybdänpulver wird in eine Form gegeben und durch mechanischen Druck oder kaltisostatisches Pressen (CIP) gepresst. Beim kaltisostatischen Pressen wird eine Hochdruckflüssigkeit (normalerweise Wasser oder Öl) verwendet, um einen gleichmäßigen Druck auszuüben, der 200-300 MPa erreichen kann. Diese Methode kann eine gleichmäßige Dichte des Rohlings gewährleisten und die innere Porosität reduzieren. Die Dichte des gepressten Rohlings erreicht in der Regel 60 % bis 70 % der theoretischen Dichte und legt damit den Grundstein für das anschließende Sintern.

Das Formendesign ist für das Pressen von entscheidender Bedeutung. Formmaterialien werden in der Regel aus Hartmetall oder hochfestem Stahl hergestellt, um hohem Druck und wiederholtem Gebrauch standzuhalten. Die Geometrie der Form muss genau mit der endgültigen Form der Molybdänelektrode übereinstimmen, z. B. ist eine zylindrische Form für eine Stabelektrode erforderlich. Während des Pressvorgangs ist die Fließfähigkeit des Molybdänpulvers ein Schlüsselfaktor. Eine zu geringe Fließfähigkeit kann zu einer ungleichmäßigen Dichte führen. Daher wird oft eine kleine Menge Schmiermittel (z. B. Zinkstearat) hinzugefügt, um die Fließfähigkeit des Pulvers zu verbessern und den Formverschleiß zu reduzieren.

3.2.1.2 Hochtemperatur-Sintern

Der gepresste Molybdänrohling muss in einem Hochtemperatur-Sinterofen verarbeitet werden, in der Regel in einer Wasserstoff- oder Vakuumumgebung, mit einem Temperaturbereich von 1800-2200 ° C. Durch den Sinterprozess wird die Dichte und Festigkeit des Rohlings durch atomare Diffusion verbessert, so dass er nahe an der theoretischen Dichte (10,2 g/cm³) liegt. Der Wasserstoffschutz verhindert, dass Molybdän mit Sauerstoff reagiert, während das Vakuumsintern für Anwendungen mit hohen Reinheitsanforderungen geeignet ist.

Die Optimierung der Sintertemperatur und -zeit ist entscheidend für die Qualität des Endprodukts. Eine zu hohe Temperatur kann zu einem übermäßigen Kornwachstum führen und die mechanische Festigkeit verringern. Eine zu niedrige Temperatur führt zu einer unzureichenden Dichte, was sich auf die Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit auswirkt. Laut China Tungsten Online (baike.ctia.com.cn) verwenden moderne Sinteröfen eine präzise Temperaturregelungstechnologie, und Temperaturschwankungen werden innerhalb von ± 5 ° C kontrolliert, um eine gleichbleibende Produktqualität zu gewährleisten.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

3.2.2 Weiterverarbeitung (Schmieden, Walzen, Drahtziehen)

Der gesinterte Molybdänrohling muss in der Regel weiter bearbeitet werden, um die endgültige Form und die Leistungsanforderungen zu erreichen. Das Schmieden verbessert die Dichte und mechanische Festigkeit von Molybdän durch wiederholtes Hämmern oder Extrudieren, insbesondere bei Stabelektroden. Die Schmiedetemperatur beträgt in der Regel 1200-1500 ° C, um eine ausreichende Plastizität des Molybdäns zu gewährleisten. Das Walzen wird zur Herstellung von Platten- oder Bandmolybdänelektroden verwendet. Der Rohling wird in mehreren Walzgängen zu einer dünnen Platte gepresst, wobei die Dicke auf wenige Millimeter genau sein kann.

Das Drahtziehen wird hauptsächlich zur Herstellung von drahtförmigen Molybdänelektroden verwendet. Es werden in der Regel mehrere Ziehdurchgänge und eine Glühbehandlung durchgeführt, um innere Spannungen zu entfernen. Während des Drahtziehprozesses kann der Durchmesser des Molybdändrahts von wenigen Millimetern auf mehrere zehn Mikrometer reduziert werden, was für Präzisionsanwendungen in der Elektronikindustrie geeignet ist. Die Genauigkeit der anschließenden Verarbeitung wirkt sich direkt auf die Oberflächenqualität und Lebensdauer der Molybdänelektrode aus. Zum Beispiel muss die Oberflächenrauheit unter $Ra\ 0,8\ \mu m$ geregelt werden.

3.3 Oberflächenbehandlung und Qualitätskontrolle von Molybdänelektroden

3.3.1 Polieren und Antioxidationsbehandlung

Die Oberflächenbehandlung von Molybdänelektroden ist ein wichtiger Schritt, um ihre Leistung und Lebensdauer zu verbessern. Durch das Polieren werden Oberflächenfehler durch mechanische oder elektrochemische Verfahren bis zu einer Rauheit von weniger als $Ra\ 0,2\ \mu m$ entfernt. Die polierte Molybdänelektrode hat eine glatte Oberfläche, die das Risiko von Lichtbogenentladungen und Korrosion während des Gebrauchs verringert. Beim mechanischen Polieren wird in der Regel eine Diamantschleifscheibe oder eine Polierpaste verwendet, während beim elektrochemischen Polieren mikroskopisch kleine Vorsprünge der Oberfläche durch einen Elektrolyten (z. B. ein Gemisch aus Schwefelsäure und Phosphorsäure) entfernt werden.

Um die Oxidationsbeständigkeit zu verbessern, wird die Oberfläche von Molybdänelektroden häufig mit einer Oxidationswiderstandsschicht beschichtet, wie z. B. Molybdänsilizid ($MoSi_2$) oder Aluminiumoxid (Al_2O_3). Diese Beschichtungen können bei hohen Temperaturen einen dichten Schutzfilm bilden, um zu verhindern, dass Sauerstoff mit Molybdän reagiert. So können Molybdänsilizid-Beschichtungen an der Luft bei 1000 ° C stabil bleiben, was die Lebensdauer von Molybdän-Elektroden deutlich verlängert. China Tungsten Online (www.chinatungsten.com) berichtete, dass die Anwendung der Beschichtungstechnologie die Lebensdauer von Molybdänelektroden in Glasöfen um mehr als 30 % verlängert hat.

3.3.2 Methoden der Leistungsprüfung

Die Qualitätskontrolle von Molybdänelektroden zieht sich durch den gesamten Produktionsprozess. Zu den Leistungsprüfungen gehören die Dichteprüfung (in der Regel nach der

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Archimedes-Methode), die Härteprüfung (Rockwell- oder Vickers-Härteprüfer), die Widerstandsmessung (Vier-Sonden-Methode) und die Analyse der chemischen Zusammensetzung (ICP-MS oder RFA). Die Dichte ist ein wichtiger Indikator für die Bewertung der Verdichtung, und die Dichte von Standard-Molybdänelektroden muss $10,15-10,2 \text{ g/cm}^3$ erreichen. Die Härteprüfung spiegelt die mechanische Festigkeit des Materials wider, die in der Regel zwischen 70 und 90 HRB liegt.

Darüber hinaus werden die Ultraschallprüfung und die Röntgenprüfung eingesetzt, um auf innere Defekte wie Poren oder Risse zu prüfen. Die Oberflächenqualität wird durch mikroskopische Betrachtung oder Rauheitsmessung bewertet, um die Einhaltung von Industriestandards sicherzustellen. Diese Prüfmethoden stellen sicher, dass die Leistung von Molybdänelektroden den Anwendungsanforderungen entspricht.

3.4 Innovation und Verbesserung des Herstellungsprozesses von Molybdänelektroden

3.4.1 Neue Technologien (z.B. 3D-Druck)

Die 3D-Drucktechnologie (additive Fertigung) hat neue Möglichkeiten für die Herstellung von Molybdänelektroden eröffnet. Komplex geformte Molybdänelektroden können durch selektives Laserschmelzen (SLM) oder Elektronenstrahlschmelzen (EBM) direkt aus Molybdänpulver gedruckt werden. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die kundenspezifische Kleinserienfertigung. So können beispielsweise in der Luft- und Raumfahrt speziell geformte Molybdänelektroden benötigt werden, und der 3D-Druck kann den Produktionszyklus erheblich verkürzen.

Der 3D-Druck von Molybdänelektroden steht jedoch vor Herausforderungen, wie z. B. der Stabilitätskontrolle im Schmelzbad und der Komplexität der Nachbearbeitung. Die aktuelle Forschung konzentriert sich auf die Optimierung der Druckparameter und die Entwicklung von Molybdänpulvern mit hoher Fließfähigkeit. Laut einem Bericht von China Tungsten Online (cn.ctia.group) liegt die Dichte von 3D-gedruckten Molybdänelektroden nahe an der der traditionellen Pulvermetallurgie, aber die Kosten sind immer noch hoch.

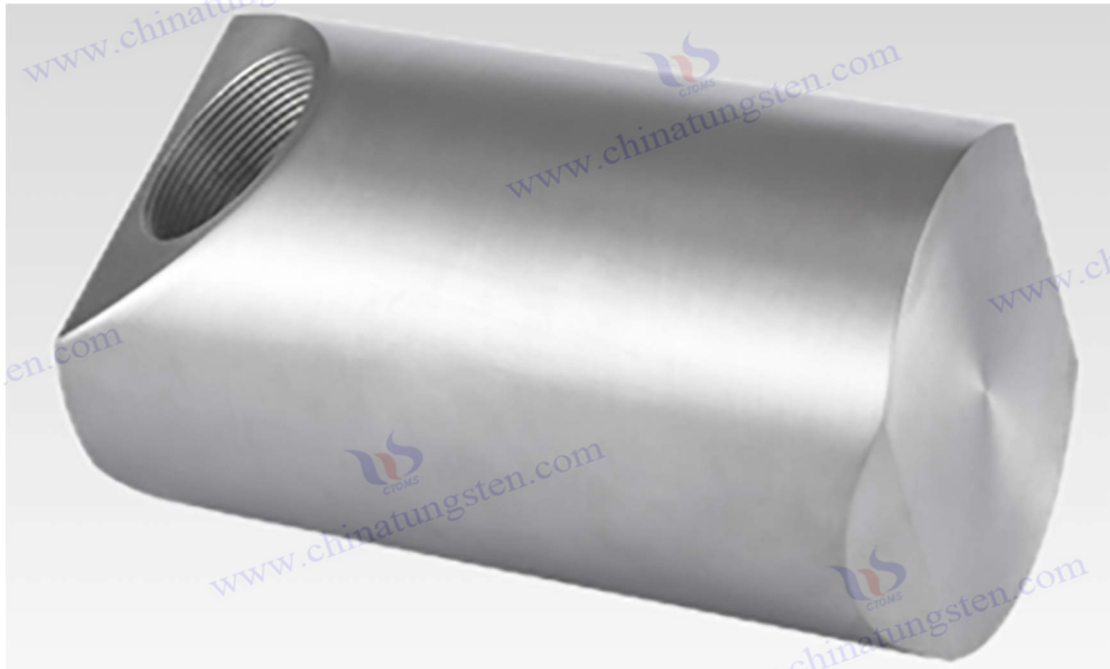
3.4.2 Umweltfreundliche Produktionstrends

Mit der Verschärfung der Umweltvorschriften verlagert sich die Produktion von Molybdänelektroden allmählich auf eine umweltfreundliche Fertigung. Beim traditionellen Sinterprozess entsteht eine geringe Menge an Abgasen (z. B. Feuchtigkeit im Wasserstoff), und moderne Unternehmen verwenden hocheffiziente Filtrations- und Rückgewinnungstechnologien, um die Emissionen zu reduzieren. Ein geschlossenes Wasserstoffsystem kann beispielsweise Feuchtigkeit im Abgas in Wasserstoff recyceln, wodurch der Energieverbrauch und die Umweltverschmutzung reduziert werden. China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) wies darauf hin, dass der Einsatz von Niedrigenergie-Sinteröfen und erneuerbarer Energie zu einem Branchentrend wird.

Darüber hinaus hat auch das Recycling von Molybdänabfällen Aufmerksamkeit erhalten.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Molybdänelektroden aus Abfällen können durch chemische oder physikalische Methoden zu Molybdänpulver veredelt werden, und die Recyclingquote kann mehr als 90 % erreichen. Das senkt nicht nur die Produktionskosten, sondern reduziert auch die Ressourcenverschwendung.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Elektroden-Bild

Kapitel 4 Hauptursprünge von Molybdänelektroden

4.1 Verteilung der globalen Molybdänressourcen

4.1.1 Wichtige Molybdänherz-Produktionsgebiete (China, USA, Chile usw.)

Die globalen Molybdänvorkommen verteilen sich hauptsächlich auf einige wenige Länder, unter denen China, die Vereinigten Staaten und Chile dominieren. China ist der weltweit größte Molybdänproduzent, wobei die Molybdänreserven etwa 50 % der weltweiten Reserven ausmachen, die hauptsächlich in Lushi County, Henan, Jinduicheng, Shaanxi und Ulanqab in der Inneren Mongolei verteilt sind. Die Molybdänreserven in diesen Gebieten sind reichhaltig und hochgradig mit einem durchschnittlichen Molybdängehalt von 0,1 % bis 0,3 %. Im Jahr 2023 überstieg Chinas Molybdänproduktion 120.000 Tonnen, was mehr als 40 % der weltweiten Produktion entspricht.

Die Vereinigten Staaten sind ein weiteres wichtiges Molybdänproduktionsgebiet mit Reserven, die etwa 20 % der Welt ausmachen und sich hauptsächlich auf das Climax-Abbaugbiet in Colorado und das Abbaugbiet Thompson Creek in Utah konzentrieren. Die Climax-Mine ist mit einem historischen Abbauvolumen von mehr als 2 Millionen Tonnen die weltweit größte Molybdän-Einzelmine. Chiles Molybdänvorkommen existieren hauptsächlich neben Kupferminen, die sich auf die Abbaugbiete Chuquibambilla und Escondida konzentrieren, wobei die Molybdänproduktion etwa 10 % der weltweiten Gesamtproduktion ausmacht, hauptsächlich als

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

Nebenprodukt von Kupferkonzentrat.

Weitere Fördergebiete sind Russland (Sibirien), Kanada (British Columbia) und Peru (Region Arequipa), aber die Produktion ist mit einem Anteil von etwa 10 % an Reserven relativ gering.

Der Molybdänabbau in diesen Gebieten ist durch das Gelände und die Umweltbedingungen begrenzt, und die Erschließungskosten sind hoch.

4.1.2 Molybdänproduktion und -reserven

Nach Angaben der International Molybdenum Association (IMO) wird die weltweite Molybdänproduktion im Jahr 2023 etwa 300.000 Tonnen betragen, wovon China 125.000 Tonnen, die Vereinigten Staaten 40.000 Tonnen und Chile 30.000 Tonnen beisteuern werden. Die weltweiten Molybdänreserven werden auf 15 Millionen Tonnen geschätzt, genug, um die Bergbaunachfrage in den nächsten 50 Jahren zu decken. Das Ungleichgewicht in der Verteilung der Molybdänressourcen hat jedoch gerade in Zeiten geopolitischer Spannungen zu großen Schwankungen der Marktpreise geführt. Als wichtiger Lieferant hat Chinas Exportpolitik einen erheblichen Einfluss auf den Weltmarkt.

Auch beim Abbau und der Verarbeitung von Molybdän müssen die Auswirkungen auf die Umwelt berücksichtigt werden. So entstehen beispielsweise beim Flotationsprozess von Molybdänit Abraumhalden und Abwässer, die streng behandelt werden müssen, um die Verschmutzung zu reduzieren. In den letzten Jahren haben viele Länder Gesetze erlassen, die Unternehmen dazu verpflichten, umweltfreundliche Bergbautechnologien wie das Trockenstapeln von Abraumhalden und Wasserrecycling einzuführen. China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) berichtete, dass China ein Pilotprojekt für den grünen Abbau von Molybdänminen fördert, mit dem Ziel, den Energieverbrauch der Molybdänmine bis 2025 um 15 % zu senken.

4.2 Produktionsgrundlagen für Molybdänelektroden

4.2.1 China (Shaanxi, Henan und andere Regionen)

Chinas Produktionsstätten für Molybdänelektroden konzentrieren sich hauptsächlich auf Jinduicheng, Shaanxi und Luoyang, Henan. Jinduicheng Molybdän ist Chinas größtes Molybdänproduktionsunternehmen mit einer Jahresproduktion von mehr als 50.000 Tonnen Molybdänkonzentrat und -produkten. Seine Molybdänelektrodenprodukte werden häufig in der Glas- und Metallindustrie eingesetzt. Shaanxi hat sich mit seinen reichen Molybdänressourcen und seiner soliden industriellen Grundlage zum Zentrum der Molybdänelektrodenproduktion in China entwickelt.

Luoyang, Henan, ist ein weiterer wichtiger Produktionsstandort. Die Luoyang Molybdenum Group (LME) ist ein weltweit führender Anbieter von Molybdänprodukten mit einer Jahresproduktion von mehr als 20.000 Tonnen Molybdänelektroden. Das Gebiet Luoyang hat die Prozessinnovation von Molybdänelektroden, wie z. B. die Antioxidationsbeschichtungstechnologie, gefördert, indem es sich auf lokale Universitäten und

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

wissenschaftliche Forschungseinrichtungen (wie das Institut für Metallforschung, Chinesische Akademie der Wissenschaften) stützt.

4.2.2 Vereinigte Staaten (Colorado, Utah, etc.)

Die Produktion von Molybdänelektroden konzentriert sich in den Vereinigten Staaten hauptsächlich auf das Abbaugelände Climax in Colorado und das Abbaugelände Thompson Creek in Utah. Climax Molybdenum ist der größte Molybdänproduzent in den Vereinigten Staaten, und seine Molybdänelektrodenprodukte werden hauptsächlich auf den nordamerikanischen und europäischen Markt exportiert. Die Produktion von Molybdänelektroden in Colorado setzt fortschrittliche Automatisierungsgesetze ein, und ihre Produktionseffizienz und Produktqualität gehören zu den besten der Welt.

Das Abbaugelände Thompson Creek in Utah konzentriert sich auf hochreine Molybdänprodukte, und seine Molybdänelektroden werden häufig in der Luft- und Raumfahrt und in der wissenschaftlichen Forschung eingesetzt. Die Herstellung von Molybdänelektroden in den Vereinigten Staaten unterliegt einer strengen Umweltaufsicht, und Unternehmen müssen während des Produktionsprozesses die Standards der EPA (U.S. Environmental Protection Agency) einhalten.

4.2.3 Europa (Österreich, Deutschland, etc.)

Die Produktion von Molybdänelektroden erfolgt in Europa hauptsächlich in Österreich und Deutschland. Die Plansee Group in Österreich ist mit einer Jahresproduktion von mehr als 10.000 Tonnen Molybdänelektroden der weltweit führende Hersteller von Molybdänprodukten. Der Produktionsstandort befindet sich im Raum Reutte. Basierend auf der lokalen High-End-Metallurgietechnologie und den Präzisionsverarbeitungsmöglichkeiten werden die Molybdänelektrodenprodukte von Plansee in der Glas- und Elektronikindustrie eingesetzt.

H.C. Starck in Deutschland ist ein weiterer wichtiger Hersteller. Seine Molybdänelektrodenprodukte sind bekannt für ihre hohe Reinheit und Anpassungsfähigkeit. Deutsche Hersteller setzen auf Forschung und Entwicklung. In den letzten Jahren haben sie Molybdänelektroden auf den Markt gebracht, die mit Seltenerdelementen dotiert sind, um ihre Leistung bei hohen Temperaturen zu verbessern. Die Produktion von Molybdänelektroden in Europa ist streng durch EU-Umweltvorschriften eingeschränkt, und umweltfreundliche Produktionstechnologien sind zu einem Branchentrend geworden.

4.2.4 Andere Länder (Russland, Kanada, etc.)

Die russische Produktion von Molybdänelektroden konzentriert sich hauptsächlich auf das Bergbaugelände Norilsk in Sibirien. Norilsk Nickel ist mit einer Jahresproduktion von rund 5.000 Tonnen Molybdänprodukten der Hauptproduzent. Russlands Molybdänelektroden werden hauptsächlich in der heimischen metallurgischen Industrie verwendet, und das Exportvolumen ist relativ gering.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Die kanadische Produktion von Molybdänelektroden konzentriert sich auf das Bergbaugebiet Endako in British Columbia, und Thompson Creek Metals ist das Hauptunternehmen. Die Molybdän-Elektrodenprodukte werden hauptsächlich für den nordamerikanischen Markt bedient, zu den Anwendungsbereichen gehören die wissenschaftliche Forschung und die Luft- und Raumfahrt. Kanadas Molybdänproduktion ist durch Ressourcenreserven begrenzt, und ihre Produktion macht nur etwa 1 % der weltweiten Gesamtproduktion aus.

4.3 Übersicht der wichtigsten Hersteller

4.3.1 CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD (<http://molybdenum.com.cn/Chinese/molybdenum-electrodes.html>) ist Chinas führender Hersteller von Molybdänelektroden mit Hauptsitz in Xiamen. Das Unternehmen stützt sich auf reichlich vorhandene Molybdänressourcen und fortschrittliche Produktionsanlagen und deckt mit seinen Produkten die Bereiche Glas, Metallurgie und Elektronik ab. CTIA GROUP LTD bietet auch kundenspezifische Dienstleistungen an, wie z. B. ultralange Stabelektroden und Antioxydationsbeschichtungsprodukte, und sein technisches Niveau nimmt in Asien eine führende Position ein.

CTIA GROUP LTD bietet hauptsächlich drei Arten von Elektrodenprodukten an: reine Molybdänelektrode, antioxydationsbeschichtete Molybdänelektrode und Zirkonoxid-Keramik-partikelverstärkte Molybdänelektrode. Die angebotenen Produkte haben folgende Vorteile:

- Abdeckung aller Spezifikationen und Größen, Schmiedeprozess mit großer Verformung, lange Lebensdauer
- Korrosionsbeständigkeit, gute Stabilität
- Ausgezeichnete Kriechfestigkeit
- Hohe elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit
- Die beschichtete Elektrode hat eine hervorragende Antioxydationsleistung

4.3.1.1 Vergleich der Leistung von Molybdän- und Molybdänlegierungselektroden der CTIA GROUP LTD:

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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



4.3.1.2 Leistung der Molybdänelektrode der CTIA GROUP LTD:

- Hohe Temperaturbeständigkeit der Molybdänelektrode

Electrodes	Specifications	CTIA GROUP LTD
Pure Molybdenum Electrode	Ø 50.8mm	Deformation 0.37%
At 1200°C, 200MPa stress, 1000 hours		

- Rekristallisationsleistung der Molybdänelektrode

Electrodes	Specifications	CTIA GROUP LTD	
		Deformation 60%	Deformation 90%
Pure Molybdenum Electrode	Ø 50.8mm	1250°C	1150°C
Molybdenum Zirconium Electrode	Ø 50.8mm	1480°C Above	1400°C Above

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

• Dichte der Molybdänelektrode

Electrodes	Specifications	CTIA GROUP LTD
Pure Molybdenum Electrode	Ø 30.0 - 101.0 mm	>10.10
	Ø ≥ 101.0 mm	>9.90
Pure Molybdenum Electrode	Ø 30.0 - 101.0 mm	>10.0
	Ø ≥ 101.0 mm	>9.85

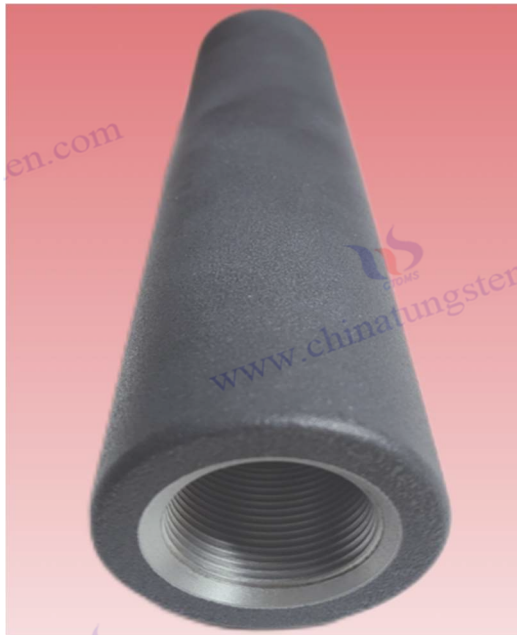


Bild von beschichteten Molybdän-Elektroden von CTIA GROUP LTD

Kapitel 5 Anwendungsgebiete von Molybdänelektroden

5.1 Glasindustrie

5.1.1 Elektroden im Glasschmelzofen

In der Glasindustrie sind Molybdänelektroden die Kernkomponenten von vollelektrischen Glasschmelzöfen. Beim Schmelzen von Glas müssen Rohstoffe (wie Quarzsand und Natriumcarbonat) auf 1400-1600 ° C erhitzt und zu gleichmäßigem flüssigem Glas geschmolzen werden. Herkömmliche Öl- oder Gasheizmethoden haben Probleme mit hohem Energieverbrauch und hoher Umweltverschmutzung, während Molybdänelektroden Joule-Wärme durch direkte Stromversorgung erzeugen und so eine effiziente und saubere Heizlösung bieten.

Die stabförmige Form der Molybdänelektroden wird in der Regel an der Seitenwand oder am Boden des Ofens installiert, und die Lichtbogen- oder Widerstandsheizung wird durch Elektrizität gebildet. Der Durchmesser jeder Molybdänelektrode kann 50-152,4 mm erreichen, und die Länge kann je nach Größe des Ofens bis zu 1,5 m oder mehr angepasst werden. Sein hoher Schmelzpunkt (2623 °C) und seine Korrosionsbeständigkeit ermöglichen es ihm,

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

Alkalimetalloxiden (wie Na_2O , K_2O) und Hochtemperaturkorrosion in geschmolzenem Glas zu widerstehen. Laut einer Fallstudie von China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) steigerte eine chinesische Glasfabrik nach dem Einsatz von Molybdänelektroden den Wirkungsgrad ihres Ofens um 20 % und verbesserte die Transparenz ihrer Glasqualität um 15 %.

5.1.2 Optisches Glas und Spezialglasherstellung

Optisches Glas und Spezialglas stellen extrem hohe Anforderungen an die Qualität und erfordern eine präzise Temperierung und gleichmäßige Erwärmung. Molybdänelektroden sind aufgrund ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit und Stabilität die erste Wahl in der optischen Glasherstellung. Bei der Herstellung hochpräziser optischer Linsen sorgen Molybdänelektroden beispielsweise dafür, dass die Temperaturschwankungen von geschmolzenem Glas innerhalb von $\pm 5^\circ \text{C}$ kontrolliert werden, wodurch Defekte durch thermische Belastung reduziert werden. Auch Spezialgläser wie hitzebeständiges Glas und Panzerglas setzen auf den Herstellungsprozess von Molybdänelektroden. In diesen Bereichen sind die Korrosionsbeständigkeit und die lange Lebensdauer von Molybdänelektroden entscheidende Vorteile. Laut "The Application of Molybdenum Electrodes in the Glass Industry" [3] kann die Lebensdauer von Molybdänelektroden mehr als 3.000 Stunden erreichen und damit die von Graphitelektroden (1.000 Stunden) weit übertreffen.

5.2 Metallurgische Industrie

5.2.1 Hochtemperaturschmelz- und Elektrolichtbogenöfen

In der metallurgischen Industrie werden Molybdänelektroden häufig in Hochtemperaturschmelzöfen und Elektrolichtbogenöfen zur Herstellung von Hochleistungslegierungen und Spezialstählen eingesetzt. Beim Hochtemperaturschmelzen müssen die Metallrohstoffe in der Regel auf über 1500°C erhitzt werden. Herkömmliche Kohlenstoffelektroden oder Graphitelektroden sind unter solchen Bedingungen anfällig für Oxidation und Korrosion, während der hohe Schmelzpunkt (2623°C) und die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänelektroden sie zur idealen Wahl machen.

In einem Elektrolichtbogenofen werden Molybdänelektroden unter Spannung gesetzt, um einen Lichtbogen zu erzeugen, um die Metallrohstoffe für das Schmelzen zu erhitzen. So werden beispielsweise bei der Herstellung von Ferromolybdän (<http://www.ferro-tungsten.com>) oder Molybdänlegierungen Molybdänelektroden als negative oder positive Elektroden eingesetzt. Ihre stabile Stromübertragung und hohe Temperaturbeständigkeit sichern die Effizienz des Schmelzprozesses und die Produktqualität. Laut "The Application of Molybdenum in the Metallurgical Industry" [4] können Elektrolichtbogenöfen mit Molybdänelektroden die Schmelzzeit um 15 % bis 20 % verkürzen und gleichzeitig die Reinheit der Legierung verbessern.

Darüber hinaus nimmt auch der Einsatz von Molybdänelektroden in Vakuumschmelzöfen zu. Durch die Vakuumumgebung kann eine Oxidation vermieden werden, und Molybdänelektroden weisen unter dieser Bedingung eine längere Lebensdauer auf. So können Molybdänelektroden beispielsweise bei der Herstellung von Titanlegierungen oder Nickelbasis-Superlegierungen

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Vakuummumgebungen bis zu 2000 ° C ohne nennenswerte Verluste standhalten. Die Fallanalyse zeigt, dass die Produktionskosten eines US-amerikanischen Metallurgieunternehmens um 12 % sanken und sich die Produktqualität um 10 % verbesserte, nachdem es Molybdänelektroden verwendet hatte.

5.2.2 Rolle bei der Herstellung von Legierungen

Molybdänelektroden spielen eine Schlüsselrolle bei der Herstellung von Legierungen, insbesondere in Szenarien, in denen Hochtemperaturstabilität und Leitfähigkeit erforderlich sind. Molybdän selbst ist ein wichtiges Legierungselement, und seine hohe Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit werden häufig in Stahl und Nickelbasislegierungen verwendet. Als Elektrodenmaterial können Molybdänelektroden eine stabile Wärmequelle und elektrische Energie für das Schmelzen von Legierungen bereitstellen. So werden beispielsweise bei der Herstellung von Edelstahl und Werkzeugstahl Molybdänelektroden in Lichtbogenöfen eingesetzt, um die gleichmäßige Verteilung der Molybdänelemente in der Legierung zu gewährleisten.

Molybdänelektroden werden auch zur Herstellung von Verbundwerkstoffen auf Molybdänbasis verwendet, wie z. B. Molybdän-Titan-Legierungen oder Molybdän-Zirkonium-Legierungen. Diese Verbundwerkstoffe werden häufig in der Luft- und Raumfahrt und in der Nuklearindustrie eingesetzt, und die Stabilität der Molybdänelektrode wirkt sich direkt auf die Leistung des Endprodukts aus. China Tungsten Online (wiki.ctia.com.cn) berichtete, dass eine neuartige Elektrode aus Molybdän-Seltenerd-Legierungen ihr Kriechverhalten bei hohen Temperaturen um 25 % verbessert hat, was ihre Anwendung in der High-End-Legierungsproduktion fördert.

5.3 Elektronik- und Halbleiterindustrie

5.3.1 Vakuumröhren und Entladungsröhren

In der Elektronikindustrie werden Molybdänelektroden aufgrund ihrer hohen Leitfähigkeit und hohen Temperaturstabilität häufig in Vakuumröhren und Entladungsröhren eingesetzt. Vakuumröhren sind Kernkomponenten früher elektronischer Geräte wie Radios, Fernseher und Radargeräte, und ihre internen Elektroden müssen hohen Spannungen und hohen Temperaturen in einer Vakuummgebung standhalten. Molybdänelektroden sind mit ihrem niedrigen spezifischen Widerstand ($5,2 \times 10^{-8} \Omega \text{ nm}$) und ihrem hohen Schmelzpunkt (2623°C) ideale Materialien und können Tausende von Stunden lang im Vakuum stabil arbeiten.

Auch Entladungsröhren wie Xenonlampen oder Kryptonlampen setzen auf Molybdänelektroden als Elektrodenmaterialien. Diese Lampen arbeiten bei hohen Temperaturen und hohen Spannungen, und die Oxidationsbeständigkeit und Leitfähigkeit von Molybdänelektroden gewährleisten die Stabilität der Lichtleistung und Lebensdauer. Laut "Molybdenum Applications in the Electronics Industry" [5] kann die Lebensdauer von Molybdänelektroden in Vakuumröhren 5.000 Stunden erreichen und liegt damit weit über der von Kupfer- oder Nickelelektroden.

5.3.2 Dünnschichtabscheidung und mikroelektronische Bauelemente

In der Halbleiterindustrie werden Molybdänelektroden als Sputtertargets für Dü

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

nnschichtabscheidungsprozesse eingesetzt. Sputtern ist eine physikalische Gasphasenabscheidungstechnologie, bei der Molybdänatome auf einem Substrat abgeschieden werden, indem ein Molybdäntarget mit Hochgeschwindigkeitsionen beschossen wird, um eine leitfähige oder reflektierende Schicht zu bilden. Molybdäntargets werden aufgrund ihrer hohen Reinheit (in der Regel über 99,95 %) und Gleichmäßigkeit häufig bei der Herstellung von Dünnschichttransistoren (TFTs), Solarzellen und Bildschirmen verwendet.

Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänelektroden ($4,8 \times 10^{-6}/K$) passt gut zu Siliziumsubstraten und reduziert so Spannungsprobleme bei der Dünnschichtabscheidung. Bei der Herstellung von LCD-Displays gewährleisten Molybdän-Elektrodentargets beispielsweise die Gleichmäßigkeit und Leitfähigkeit der Folie und verbessern so die Helligkeit und Lebensdauer des Displays. Laut einer Fallstudie von China Tungsten Online ([http:// www.tungsten-copper.com](http://www.tungsten-copper.com)) erhöhte ein koreanisches Halbleiterunternehmen seine Produktqualifizierungsrate um 8 %, nachdem es Molybdäntargets verwendet hatte.

Darüber hinaus werden Molybdänelektroden auch in Verbindungsmaterialien von mikroelektronischen Bauelementen verwendet. Mikroelektronische Bauelemente benötigen hochleitfähige und stabile Elektrodenmaterialien. Molybdän-Elektroden haben sich aufgrund ihrer Anti-Migration und Hochtemperaturstabilität zu einer Alternative zu Kupfer oder Aluminium entwickelt.

5.4 Wissenschaftliche Forschung und besondere Verwendungszwecke

5.4.1 Hochtemperatur-Versuchsgeräte

Im Bereich der wissenschaftlichen Forschung werden Molybdänelektroden häufig in Hochtemperatur-Versuchsgeräten wie Vakuumöfen, Plasmaöfen und thermischen Analysatoren eingesetzt. Diese Geräte müssen bei hohen Temperaturen über $2000^{\circ}C$ betrieben werden. Traditionelle Materialien wie Graphit oder Keramik sind nur schwer zu erfüllen, während der hohe Schmelzpunkt und die Stabilität von Molybdänelektroden sie zur ersten Wahl machen.

In der materialwissenschaftlichen Forschung werden Molybdänelektroden beispielsweise für Hochtemperaturzugversuche oder Wärmeausdehnungstests eingesetzt, um die Leistungsfähigkeit neuer Hochtemperaturwerkstoffe unter extremen Bedingungen zu testen. Laut "Molybdenum Electrodes in High-Temperature Material Research" [6] beträgt die Verformungsrate von Molybdänelektroden in einer Vakuumumgebung bei $2000^{\circ}C$ weniger als 0,5%, was die Zuverlässigkeit der experimentellen Daten gewährleistet. China Tungsten Online (baike.ctia.com.cn) berichtete, dass ein chinesisches Forschungsinstitut die Leistung einer Molybdän-Niob-Legierung erfolgreich in einem Vakuumofen mit Molybdänelektroden getestet und damit ihre Anwendung in der Luft- und Raumfahrt gefördert hat.

5.4.2 Luft- und Raumfahrt und Nuklearindustrie

In der Luft- und Raumfahrtindustrie werden Molybdänelektroden zur Herstellung von Hochtemperatur-Prüföfen und Triebwerkskomponenten eingesetzt. So muss beispielsweise die

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Brennkammer eines Raketentriebwerks Temperaturen über 2000 ° C standhalten.

Molybdänelektroden werden als Heiz- oder Prüfelemente verwendet, um die Genauigkeit der Materialleistungsprüfung zu gewährleisten.

In der Nuklearindustrie werden Molybdänelektroden aufgrund ihrer Strahlungsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität in bestimmten Teilen von Kernreaktoren eingesetzt. So können Molybdänelektroden beispielsweise als Elektrodenmaterialien bei der Kernbrennstoffschmelze eingesetzt werden und hohen Temperaturen und Strahlungsumgebungen ohne nennenswerte Schäden standhalten. Laut "Molybdenum Applications in the Nuclear Industry" [7] kann die Lebensdauer von Molybdänelektroden in Kernreaktoren mehr als 10 Jahre erreichen.

5.5 Neue Anwendungsfelder

5.5.1 Anlagen für erneuerbare Energien

Mit der rasanten Entwicklung erneuerbarer Energien hat die Anwendung von Molybdänelektroden in Solarzellen und Energiespeichern allmählich zugenommen. In Solarzellen werden Molybdänelektroden als Rückelektrodenmaterial eingesetzt. Ihre hohe Leitfähigkeit und Stabilität verbessern den Umwandlungswirkungsgrad der Zelle. So verwenden beispielsweise Kupfer-Indium-Gallium-Selenid-Solarzellen (CIGS) Molybdänelektroden als Rückkontaktschichten, um eine effiziente Stromabnahme zu gewährleisten.

In Energiespeichern werden Molybdänelektroden als Elektrodenmaterialien für Superkondensatoren und Lithiumbatterien eingesetzt. Ihre hohe Temperaturbeständigkeit und elektrische Leitfähigkeit tragen zur Verbesserung der Effizienz der Energiespeicherung bei. Laut einem Bericht von China Tungsten Online (<http://www.tungsten-copper.com>) macht die Anwendung von Molybdänelektroden in Solarzellen 5 % des Gesamtbedarfs aus und wird voraussichtlich bis 2030 auf 10 % steigen.

5.5.2 Komponenten von Medizinprodukten

Im Bereich der Medizinprodukte werden Molybdänelektroden in Röntgengeräten und Strahlentherapiegeräten eingesetzt. So werden Molybdänelektroden häufig als Kathoden und Anoden in Röntgenröhren eingesetzt. Ihr hoher Schmelzpunkt und ihre Korrosionsbeständigkeit gewährleisten die Stabilität und Lebensdauer der Anlage. In der Strahlentherapie werden Molybdänelektroden zur Herstellung von Fokussiervorrichtungen für hochenergetische Teilchenstrahlen verwendet, um die Strahlendosis genau zu steuern.

Laut "Molybdenum Applications in Medical Devices" [8] kann die Lebensdauer von Molybdänelektroden in Röntgenröhren 5.000 Stunden erreichen, wodurch die Wartungskosten der Geräte erheblich gesenkt werden. Darüber hinaus weist Molybdän eine geringe Biokompatibilität auf, kann aber nach einer spezifischen Beschichtungsbehandlung in bestimmten implantierbaren Medizinprodukten verwendet werden.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG



CTIA GROUP LTD Molybdänelektrode Anwendungsszenarien Bilder

Kapitel 6 Vor- und Nachteile und Grenzen von Molybdänelektroden

6.1 Vorteile von Molybdän-Elektroden

6.1.1 Hohe Temperaturstabilität und lange Lebensdauer

Der hohe Schmelzpunkt (2623°C) von Molybdänelektroden macht sie bei extrem hohen Temperaturen stabil und macht sie zu einer idealen Wahl für Glasschmelzöfen, Lichtbogenöfen und Hochtemperatur-Versuchsgeräte. In der Glasindustrie kann die Lebensdauer von Molybdänelektroden 3000-5000 Stunden erreichen und liegt damit weit über Graphitelektroden (1000 Stunden) und Kohlenstoffelektroden (1500 Stunden). Seine lange Lebensdauer beruht auf der Tatsache, dass die Kristallstruktur von Molybdän bei hohen Temperaturen nicht zu Phasenwechseln oder Zersetzung neigt.

In einer Vakuum- oder Inertgasumgebung wird die Lebensdauer von Molybdänelektroden weiter verlängert. In einem Versuchsofen für die Luft- und Raumfahrt beträgt beispielsweise die Verformungsrate von Molybdänelektroden in einer Vakuumumgebung bei 2000°C weniger als 0,5 %, was die Zuverlässigkeit des Experiments und die Haltbarkeit der Ausrüstung gewährleistet. China Tungsten Online (wiki.ctia.com.cn) berichtete, dass der Versuchsofen eines europäischen Forschungsinstituts mit Molybdänelektroden 8000 Stunden lief und nur einmal ausgetauscht werden musste.

6.1.2 Ausgezeichnete Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit

Der spezifische Widerstand der Molybdänelektrode beträgt $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{mm}$, und ihre Leitfähigkeit ist nach Kupfer und Silber die zweitgrößte. Es eignet sich gut für Hochtemperaturmetalle. Seine

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

hohe Leitfähigkeit sorgt für eine effiziente Energieübertragung in Lichtbogenöfen und Vakuumröhren, wodurch Energieverluste vermieden werden. In Glasschmelzöfen erhöht die Leitfähigkeit von Molybdänelektroden den Heizwirkungsgrad um mehr als 20 %.

Molybdänelektroden sind auch sehr korrosionsbeständig in nicht oxidierenden Säuren (wie Salzsäure und Schwefelsäure) und geschmolzenem Glas. Bei geschmolzenem Glas beträgt die Korrosionsrate von Molybdän beispielsweise weniger als 0,1 mm/Jahr, während die Korrosionsrate von Graphitelektroden mehr als 1 mm/Jahr erreichen kann. Diese Korrosionsbeständigkeit sorgt für eine gute Leistung in rauen Industrieumgebungen.

6.1.3 Zuverlässigkeit in extremen Umgebungen

Molybdänelektroden können sich an verschiedene extreme Umgebungen anpassen, darunter hohe Temperaturen (über 2000 °C), Vakuum (unter 10⁻⁶Pa) und hohe Strahlung (Nuklearindustrie). In der Luft- und Raumfahrt werden Molybdänelektroden zum Testen neuer Hochtemperaturmaterialien eingesetzt, und ihre Stabilität gewährleistet die Genauigkeit der experimentellen Daten. In Kernreaktoren sind Molybdänelektroden aufgrund ihrer Strahlungsbeständigkeit und ihres Hochtemperaturverhaltens die erste Wahl für Schlüsselkomponenten.

6.2 Nachteile und Grenzen von Molybdänelektroden

6.2.1 Oxidationsempfindlichkeit und Umweltbeschränkungen

Die Leistungsfähigkeit von Molybdänelektroden in oxidierenden Atmosphären ist ihre Haupteinschränkung. Wenn die Temperatur 600 °C überschreitet, reagiert Molybdän mit Sauerstoff zu flüchtigem Molybdäntrioxid (MoO₃), was zu einem schnellen Verlust der Elektrodenoberfläche führt. In Luft über 1000 °C können Molybdänelektroden innerhalb weniger Stunden vollständig oxidiert werden. Daher müssen Molybdänelektroden in Inertgasen (wie Argon) oder reduzierenden Atmosphären (wie Wasserstoff) eingesetzt werden, was die Betriebskomplexität und die Kosten erhöht.

6.2.2 Schwierigkeiten und Kosten bei der Verarbeitung

Molybdän hat eine hohe Härte (70-90 HRB) und eine geringe Duktilität und neigt vor allem bei niedrigen Temperaturen zum Sprödbbruch. Dies erschwert die Verarbeitung von Molybdänelektroden und erfordert das Schmieden, Walzen oder Ziehen bei hohen Temperaturen (200-300 °C). Der Verarbeitungsprozess erfordert Präzisionsausrüstung und erfahrene Bediener und ist kostspielig. Laut Marktdaten von China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) liegen die durchschnittlichen Produktionskosten von Molybdänelektroden im Jahr 2023 bei etwa 25-30 US-Dollar/kg und damit deutlich über denen von Graphitelektroden (5-10 US-Dollar/kg).

6.2.3 Sprödigkeit und Einschränkungen der mechanischen Eigenschaften

Die Sprödigkeit von Molybdän bei niedrigen Temperaturen ist ein weiterer Nachteil. Bei Raumtemperatur weist Molybdän eine geringe Schlagzähigkeit auf und neigt zum Sprödbbruch, insbesondere bei Schweiß- oder Schlagbelastungen. Die Plastizität wird zwar bei hohen

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Temperaturen verbessert, ist aber immer noch geringer als die von Kupfer oder Aluminium. Dies beschränkt Molybdänelektroden auf bestimmte Anwendungen, die eine hohe Zähigkeit erfordern.

6.3 Verbesserungsmaßnahmen für Molybdänelektroden

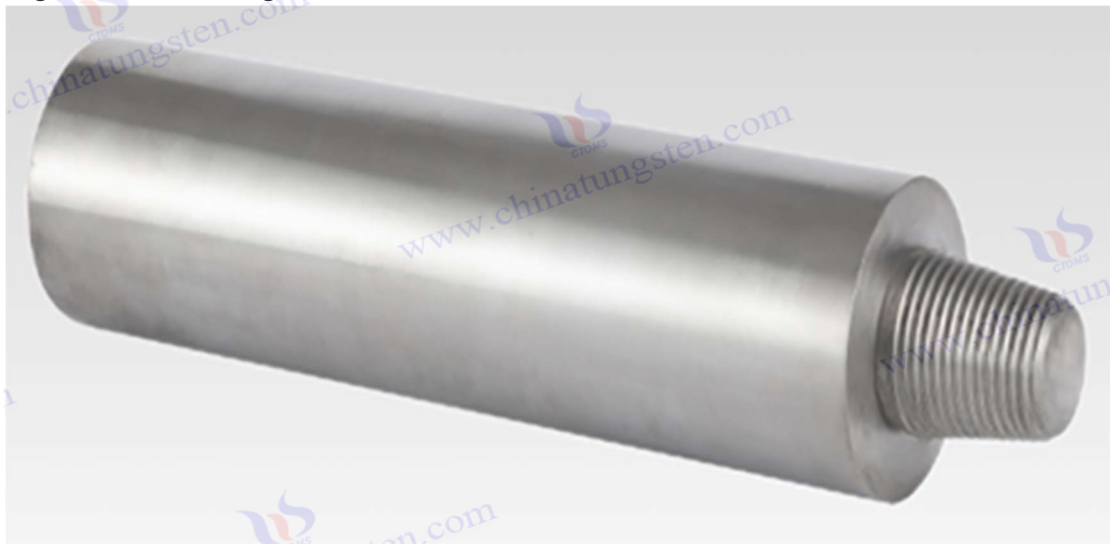
6.3.1 Anti-Oxidations-Technologie

Um das Problem der Oxidationsempfindlichkeit zu lösen, hat die Industrie eine Vielzahl von Antioxidationstechnologien entwickelt. Am gebräuchlichsten sind Oberflächenbeschichtungen wie Molybdänsilizid (MoSi_2) und Aluminiumoxid (Al_2O_3), die bei hohen Temperaturen eine Schutzfolie bilden können, um zu verhindern, dass Sauerstoff mit Molybdän reagiert. China Tungsten Online (www.chinatungsten.com) berichtete, dass die Lebensdauer von beschichteten Molybdänelektroden in Luft bei 1000°C um mehr als 50 % verlängert werden kann.

Darüber hinaus ist auch die Dopingtechnologie umfassend untersucht worden. So kann beispielsweise die Zugabe von Seltenerdelementen (wie Lanthan, Cer) oder Titan die Oxidationsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität von Molybdän verbessern. Diese Verbesserungen wurden auf die Luft- und Raumfahrt und die Nuklearindustrie übertragen.

6.3.2 Entwicklung von Verbundwerkstoffen

Die Entwicklung von Verbundwerkstoffen auf Molybdänbasis ist eine weitere Verbesserungsrichtung. Molybdän-Titan-Verbundwerkstoffe kombinieren beispielsweise die Hochtemperaturstabilität von Molybdän und die Zähigkeit von Titan, um die mechanischen Eigenschaften zu verbessern. Molybdän-Seltenerd-Kompositelektroden weisen eine bessere Kriechfestigkeit bei hohen Temperaturen auf. Diese Verbundwerkstoffe werden nach und nach in High-End-Märkten eingesetzt.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Elektroden-Bild

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

Kapitel 7 Vergleich der Molybdänelektrode mit anderen Elektrodenmaterialien

7.1 Vergleich der Molybdänelektrode mit der Wolframelektrode

7.1.1 Leistungsunterschied

Der Schmelzpunkt der Wolframelektrode (<http://tungsten.com.cn>) (3422°C) ist höher als der der Molybdänelektrode (2623°C), was sie in Umgebungen mit ultrahohen Temperaturen ($>2500^{\circ}\text{C}$) vorteilhafter macht. Die Dichte von Wolfram ($19,25\text{ g/cm}^3$) ist jedoch viel höher als die von Molybdän ($10,2\text{ g/cm}^3$), was die Verarbeitung und den Einbau schwerer und umständlicher macht. Der spezifische Widerstand von Wolfram ($5,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$) ist etwas höher als der von Molybdän, aber die Wärmeleitfähigkeit ($174\text{ W/m} \cdot \text{K}$) ist etwas höher.

In Bezug auf die Korrosionsbeständigkeit schneidet die Molybdänelektrode in nicht oxidierender Säure und geschmolzenem Glas besser ab als Wolfram, aber Wolfram hat eine bessere Oxidationsbeständigkeit in oxidierender Umgebung. Wolframelektrode hat eine geringere Duktilität als Molybdän, ist schwieriger zu verarbeiten und hat höhere Kosten.

7.1.2 Anwendungsszenarien

Wolframelektroden werden hauptsächlich beim Schweißen (z. B. WIG-Schweißen) und in Hochtemperaturöfen (z. B. Plasmaöfen) verwendet, während Molybdänelektroden häufig in Glasschmelzöfen und Lichtbogenöfen verwendet werden. Wolframelektroden eignen sich aufgrund ihres extrem hohen Schmelzpunkts für Ultrahochtemperaturanwendungen, schränken jedoch ihr Gewicht und ihre Kosten ihren Einsatz in der Glasindustrie ein.

7.2 Vergleich von Molybdänelektroden und Graphitelektroden

7.2.1 Haltbarkeit und Kosten

Die Haltbarkeit von Graphitelektroden ist wesentlich geringer als die von Molybdänelektroden. Ihre Lebensdauer in Umgebungen mit hohen Temperaturen und korrosiven Temperaturen beträgt nur 1000 Stunden, während Molybdänelektroden 3000-5000 Stunden erreichen können. Die Kosten für Rohstoffe (Graphit oder Koks) für Graphitelektroden sind jedoch niedriger, und die Produktionskosten betragen nur 1/3-1/5 der Kosten für Molybdänelektroden.

7.2.2 Leistung bei hohen Temperaturen

Der Schmelzpunkt von Graphitelektroden ($\text{ca. } 3500^{\circ}\text{C}$) ist höher als der von Molybdän, aber sie werden in oxidierenden Atmosphären leicht oxidiert, was ihren Anwendungsbereich einschränkt. Molybdänelektroden haben eine bessere Hochtemperaturstabilität in inerten oder reduzierenden Umgebungen, insbesondere in Glasschmelzöfen.

7.3 Vergleich zwischen Molybdänelektrode und Kupferelektrode

7.3.1 Leitfähigkeit und Temperaturbeständigkeit

Die Leitfähigkeit der Kupferelektrode (spezifischer Widerstand $1,68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$) ist viel besser als die der Molybdänelektrode, aber ihr Schmelzpunkt (1085°C) ist niedrig und kann einer Umgebung mit hohen Temperaturen nicht standhalten. Kupferelektroden eignen sich fürduktive

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Anwendungen bei niedrigen Temperaturen (z. B. Drähte und Niederspannungsgeräte), während Molybdänelektroden für Szenarien mit hohen Temperaturen und hoher Korrosion geeignet sind.

7.3.2 Umgebung verwenden

Kupferelektroden sind an der Luft stabil, werden aber durch Säuren und Salze leicht korrodiert. Molybdänelektroden sind in nicht oxidierenden Säuren und geschmolzenem Glas korrosionsbeständig, oxidierende Umgebungen sollten jedoch vermieden werden.

7.4 Vergleich zwischen Molybdänelektroden und Edelmetallelektroden (z. B. Platin)

7.4.1 Wirtschaftlichkeit und besondere Nutzungen

Platinelektroden haben eine ausgezeichnete Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit, aber ihre Kosten sind extrem hoch (ca. 500-1000 US-Dollar/kg) und werden nur in Labors oder speziellen Anwendungen (z. B. chemischen Sensoren) eingesetzt. Die Kosten für Molybdänelektroden (25-30 USD/kg) sind viel niedriger als die von Platin, und ihre Leistung ist für industrielle Anwendungen völlig ausreichend.

7.5 Umfassende Vergleichszusammenfassung

Molybdänelektroden sind Graphit-, Kupfer- und Edelmetallelektroden in Bezug auf hohe Temperaturstabilität, Korrosionsbeständigkeit und Kostenleistung überlegen, aber Wolfram und Platin in oxidierenden Umgebungen unterlegen. Die Auswahl der Molybdänelektroden sollte sich nach der spezifischen Anwendungsumgebung und dem Kostenbudget richten.



Bild von Molybdän-Elektroden von CTIA GROUP LTD

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

Kapitel 8 Die wichtigsten Anwendungsmärkte in der Welt

8.1 Asien-Pazifik

8.1.1 China (Glas- und Metallurgiemarkt)

Als weltweit größter Verbrauchermarkt für Molybdänelektroden kommt die Nachfrage Chinas vor allem aus der Glasindustrie und der metallurgischen Industrie. Im Jahr 2023 wird die Nachfrage der chinesischen Glasindustrie nach Molybdänelektroden 15.000 Tonnen übersteigen, was mehr als 60 % der Gesamtnachfrage des Landes entspricht. Diese Nachfrage konzentriert sich hauptsächlich auf die Glasproduktionsstätten in Shandong, Hebei und Guangdong, wo Hunderte von Glasherstellern Architekturglas, Autoglas und optisches Glas herstellen. Der Einsatz von Molybdänelektroden in vollelektrischen Schmelzöfen hat die Produktionseffizienz erheblich verbessert und den Energieverbrauch und die Kohlenstoffemissionen reduziert. So hat beispielsweise eine Glasfabrik in der Provinz Shandong durch den Einsatz von Molybdänelektroden mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Länge von 1200 mm (<http://molybdenum.com.cn/Chinese/molybdenum-electrodes.html>) den Heizwirkungsgrad des Ofens um 20 % und die Transparenz der Glasqualität um 15 % erhöht, wodurch jährlich etwa 5 Millionen RMB an Energiekosten eingespart wurden.

In der metallurgischen Industrie liegt der Bedarf Chinas an Molybdänelektroden bei etwa 5.000 Tonnen, die hauptsächlich zur Herstellung von Ferromolybdän (<http://www.ferro-tungsten.com>) und hochfesten Stählen wie Werkzeugstahl und Edelstahl verwendet werden. Shaanxi Jinduicheng Molybdenum Industry und Henan Luoyang Molybdenum Industry Group sind die Hauptlieferanten. Diese Unternehmen sind auf reichlich vorhandene Molybdänressourcen und fortschrittliche Produktionstechnologien angewiesen, um den metallurgischen Bedarf im In- und Ausland zu decken. Im Jahr 2023 stieg die Produktion von Elektrolichtbogenöfen mit Molybdänelektroden in der metallurgischen Industrie Chinas um 12 % und trieb die Marktexpansion für hochwertige Legierungsmaterialien voran.

Das Wachstum des chinesischen Marktes wird auch durch die Regierungspolitik unterstützt. So legt der "14. Fünfjahresplan" den Schwerpunkt auf umweltfreundliche Fertigung, Energieeinsparung und Emissionsreduzierung, und Molybdänelektroden werden aufgrund ihrer geringen Schadstoffbelastung bevorzugt. China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) berichtete, dass China im Jahr 2024 plant, 2 Milliarden Yuan in die Modernisierung von Glasschmelzöfen zu investieren, um die Durchdringungsrate von Molybdänelektroden von 70 % auf 85 % zu erhöhen.

8.1.2 Japan und Südkorea (Elektronik und Halbleiter)

Japan und Südkorea sind die Zentren der Elektronik- und Halbleiterindustrie im asiatisch-pazifischen Raum, und die Nachfrage nach Molybdänelektroden in diesen Bereichen ist stetig gestiegen. Im Jahr 2023 liegt Japans Bedarf an Molybdänelektroden bei etwa 3.000 Tonnen, die hauptsächlich für Halbleiter-Sputtertargets und die Herstellung von Displays verwendet werden. Japanische Elektronikriesen wie Toshiba und Sony verwenden Molybdänelektroden zur Herstellung von Dünnschichttransistoren (TFT) und organischen Leuchtdioden (OLED). Die hohe

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Reinheit (mehr als 99,95%) und der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient ($4,8 \times 10^{-6}/K$) von Molybdänelektroden gewährleisten die Gleichmäßigkeit der Dünnschichtabscheidung und verbessern die Helligkeit und Lebensdauer des Displays. Ein japanisches Unternehmen hat beispielsweise seine Produktqualifizierungsrate um 10 % und seinen Jahresumsatz um 8 % gesteigert, indem es Molybdänziele verwendet hat.

Südkorea ist einer der größten Halbleiterproduzenten der Welt. Im Jahr 2023 wird der Bedarf an Molybdänelektroden bei etwa 2.000 Tonnen liegen, die hauptsächlich in den Halbleiterfabriken von Samsung und SK Hynix eingesetzt werden. Molybdänelektroden werden als Sputtertargets zur Herstellung von Speicherchips und Prozessoren verwendet. Ihre Leitfähigkeit und Stabilität sind entscheidend für die Leistungsfähigkeit mikroelektronischer Bauelemente. Nach Angaben des koreanischen Industrieministeriums plant Südkorea, im Jahr 2024 10 neue Halbleiterproduktionslinien hinzuzufügen, und jede Produktionslinie verbraucht etwa 50 Tonnen Molybdänelektroden pro Jahr.

8.1.3 Indien (Nachfrage im Prozess der Industrialisierung)

Der Industrialisierungsprozess in Indien hat dem Markt für Molybdänelektroden neue Wachstumschancen eröffnet. Im Jahr 2023 wird Indiens Bedarf an Molybdänelektroden etwa 1.000 Tonnen betragen, die hauptsächlich in der Glas- und Metallindustrie eingesetzt werden. Mit der Weiterentwicklung des indischen Plans "Made in 2025" ist die Nachfrage nach Glasflaschen, Flachglas und Stahlproduktion rasant gestiegen. Die Zahl der Öfen, die Molybdänelektroden verwenden, ist in der indischen Glasindustrie von 50 im Jahr 2020 auf 120 im Jahr 2023 gestiegen, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 30 %.

Die metallurgische Industrie ist eine weitere wichtige Nachfragequelle. Indische Stahlwerke (wie Tata Steel und JSW Steel) verwenden Molybdänelektroden zur Herstellung von hochfestem Stahl für den Infrastrukturbau. Im Jahr 2023 wird die indische metallurgische Industrie etwa 0,5 Tausend Tonnen Molybdänelektroden verbrauchen, und es wird erwartet, dass sie bis 2027 auf 0,15 Tausend Tonnen anwachsen wird. China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) prognostiziert, dass sich der indische Markt in den nächsten fünf Jahren zu einem Wachstums-Hotspot im asiatisch-pazifischen Raum entwickeln wird, aber aufgrund der Knappheit von Molybdänressourcen ist Indien auf Importe angewiesen.

8.2 Nordamerika

8.2.1 Vereinigte Staaten (Glas und Luft- und Raumfahrt)

Die Vereinigten Staaten sind mit einem Bedarf von etwa 0,5 Tausend Tonnen im Jahr 2023 der größte Markt für Molybdänelektroden in Nordamerika, wovon 40 % auf die Glasindustrie, 30 % auf die Luft- und Raumfahrt und 30 % auf andere Bereiche entfallen. In der Glasindustrie werden Molybdänelektroden in den USA vor allem zur Herstellung von optischem Glas und Architekturglas verwendet. Corning verwendet beispielsweise Molybdänelektroden zur Herstellung hochpräziser optischer Linsen mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 0,2 Tausend Tonnen. Die hohe Wärmeleitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Molybdänelektroden

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

sorgen für die Stabilität der Glasqualität.

In der Luft- und Raumfahrt wächst die Nachfrage nach Molybdänelektroden in den Vereinigten Staaten rasant und erreicht im Jahr 2023 etwa 1.500 Tonnen, hauptsächlich für Hochtemperatur-Versuchsöfen und die Prüfung von Triebwerkskomponenten. Boeing und Lockheed Martin verwenden Molybdänelektroden, um neue Hochtemperaturmaterialien zu testen, und ihre Stabilität beträgt weniger als 0,5 % in einer Vakuumumgebung bei 2000 ° C. Nach Angaben der NASA verlängert der Einsatz von Molybdänelektroden die Lebensdauer von Versuchsöfen um 30 % und senkt die Prüfkosten.

8.2.2 Kanada (Metallurgie und wissenschaftliche Forschung)

Die Nachfrage nach Molybdänelektroden in Kanada konzentriert sich hauptsächlich auf die Bereiche Metallurgie und wissenschaftliche Forschung, mit einem Gesamtbedarf von rund 1.500 Tonnen im Jahr 2023. Die metallurgische Industrie verwendet Molybdänelektroden zur Herstellung von Spezialstählen und Molybdänlegierungen, mit einem Jahresverbrauch von etwa 1.000 Tonnen, die hauptsächlich von Thompson Creek Metals geliefert werden. Kanadische Stahlwerke (wie ArcelorMittal) und Aluminiumwerke (wie Alcoa) verlassen sich auf Molybdänelektroden, um die Schmelzeffizienz zu verbessern.

Der wissenschaftliche Forschungsbereich ist ein weiterer großer Markt. Viele kanadische Universitäten und Forschungseinrichtungen (wie die University of Toronto und der National Research Council of Canada) verwenden Molybdänelektroden für die Hochtemperatur-Materialforschung. Im Jahr 2023 beträgt der Bedarf an Molybdänelektroden für die wissenschaftliche Forschung etwa 0,5 Tausend Tonnen, die hauptsächlich in Vakuumöfen und Plasmaexperimenten verwendet werden. Der kanadische Markt für Molybdänelektroden ist durch Ressourcenreserven begrenzt und auf Importe aus den Vereinigten Staaten angewiesen.

8.3.1 Deutschland (Industrielle Fertigung und optisches Glas)

Deutschland ist der größte Markt für Molybdänelektroden in Europa mit einem Bedarf von etwa 0,4 Tausend Tonnen im Jahr 2023, davon entfallen 50 % auf die industrielle Fertigung, 30 % auf optisches Glas und 20 % auf andere Bereiche. In der industriellen Fertigung verwenden deutsche Automobil- und Maschinenbauer (wie Volkswagen und Siemens) Molybdänelektroden zur Herstellung von hochfesten Stahl- und Molybdänlegierungen mit einem Jahresverbrauch von etwa 0,2 Tausend Tonnen.

Die Herstellung von optischem Glas ist eine weitere wichtige Nachfragequelle. Zeiss und Schneider in Deutschland verwenden Molybdänelektroden zur Herstellung hochpräziser optischer Linsen mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 0,12 Tausend Tonnen. Die hohe Wärmeleitfähigkeit und Stabilität von Molybdänelektroden sichern die Qualität und Produktionseffizienz von Glas. Nach Angaben des Industrieverbands plant Deutschland, im Jahr 2024 500 Millionen Euro in die Modernisierung der Produktionslinien für optisches Glas zu investieren, um das Wachstum der Nachfrage nach Molybdänelektroden voranzutreiben.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

8.3.2 Frankreich und Vereinigtes Königreich (Sonderanwendungen)

Die Nachfrage nach Molybdänelektroden in Frankreich und Großbritannien konzentriert sich hauptsächlich auf die Nuklearindustrie und die wissenschaftliche Forschung, mit einem Gesamtbedarf von rund 2.000 Tonnen im Jahr 2023. Areva in Frankreich und Rolls-Royce in Großbritannien verwenden Molybdänelektroden zur Herstellung von Kernreaktorkomponenten und Flugzeugtriebwerkskomponenten mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 1.000 Tonnen. Die Nuklearindustrie stellt extrem hohe Anforderungen an die Strahlungsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität von Molybdänelektroden, und die Lebensdauer von Molybdänelektroden kann mehr als 10 Jahre erreichen.

Auch das Feld der wissenschaftlichen Forschung ist ein wichtiger Markt. Das französische Nationale Zentrum für wissenschaftliche Forschung (CNRS) und das Imperial College of London nutzen Molybdänelektroden für die Hochtemperatur-Material- und Plasmaforschung, mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 1.000 Tonnen. Das Wachstum des europäischen Marktes wird durch EU-Umweltvorschriften vorangetrieben, und Molybdänelektroden werden aufgrund ihrer geringen Schadstoffeigenschaften bevorzugt.

8.4 Weitere Regionen

8.4.1 Südamerika (metallurgischer Bedarf in Chile und Peru)

Die Nachfrage nach Molybdänelektroden in Südamerika konzentriert sich vor allem auf die metallurgische Industrie in Chile und Peru, mit einem Gesamtbedarf von rund 1.000 Tonnen im Jahr 2023. Codelco und Molymet in Chile verwenden Molybdänelektroden zur Herstellung von Ferromolybdän- und Kupfer-Molybdän-Legierungen mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 7.000 Tonnen. Southern Copper in Peru verwendet ebenfalls Molybdänelektroden, um die Schmelzeffizienz zu verbessern, mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 3.000 Tonnen.

Der südamerikanische Markt hat ein großes Wachstumspotenzial, aber die Auslastung von Molybdänelektroden ist aufgrund von Infrastruktur- und Finanzierungsengpässen gering. China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) prognostiziert, dass die Nachfrage auf dem südamerikanischen Markt bis 2030 auf 3.000 Tonnen steigen wird.

8.4.2 Naher Osten und Afrika (Potenzial für aufstrebende Märkte)

Der Markt für Molybdänelektroden im Nahen Osten und in Afrika steckt mit einem Gesamtbedarf von rund 5.000 Tonnen im Jahr 2023, die hauptsächlich in der Glas- und Metallurgieindustrie eingesetzt werden, noch in den Kinderschuhen. Die Glasindustrie in Saudi-Arabien verwendet Molybdänelektroden zur Herstellung von Architekturglas mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 2.000 Tonnen. Die metallurgische Industrie in Südafrika verwendet Molybdänelektroden zur Herstellung von Spezialstählen, mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 3.000 Tonnen.

Mit dem Vorantreiben der "Belt and Road"-Initiative und dem Industrialisierungsprozess Afrikas wird erwartet, dass die Nachfrage nach Molybdänelektroden im Nahen Osten und in Afrika schnell wachsen wird. China Tungsten Online (news.chinatungsten.com) prognostiziert, dass die

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

Märkte im Nahen Osten und in Afrika im Jahr 2030 2.000 Tonnen erreichen werden.

8.5 Nachfragemerkmale des globalen Anwendungsmarktes

8.5.1 Verteilung in der Industrie

An der weltweiten Nachfrage nach Molybdänelektroden entfallen 60 % (ca. 12.000 Tonnen) auf die Glasindustrie, 20 % (ca. 4.000 Tonnen) auf die metallurgische Industrie, 10 % (ca. 2.000 Tonnen) auf die Elektronikindustrie und 10 % (ca. 2.000 Tonnen) auf andere Bereiche (wie Luft- und Raumfahrt, Nuklearindustrie und wissenschaftliche Forschung). Die Glasindustrie ist der größte Markt, der durch die Popularisierung der vollelektrischen Schmelztechnologie und die Förderung von Umweltschutzmaßnahmen angetrieben wird.

8.5.2 Regionale Unterschiede

Der asiatisch-pazifische Raum ist mit einem Nachfrageanteil von 70 % (ca. 14.000 Tonnen) im Jahr 2023 der größte Markt, der hauptsächlich von China, Japan und Südkorea angetrieben wird. Auf Nordamerika und Europa entfallen jeweils 15 % (ca. 3.000 Tonnen), auf andere Regionen 5 % (ca. 1.000 Tonnen). Regionale Unterschiede werden vor allem durch die Industriestruktur und die Ressourcenverteilung bestimmt. Der asiatisch-pazifische Raum weist einen hohen Industrialisierungsgrad auf, während Nordamerika und Europa auf High-End-Anwendungen ausgerichtet sind.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Elektroden-Bild

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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

sales@chinatungsten.com

Anhang

A. Glossar

Molybdänelektrode: Elektrodenmaterial mit Molybdän als Hauptbestandteil, das in Umgebungen mit hohen Temperaturen und korrosiven Temperaturen verwendet wird.

Pulvermetallurgie: Verfahren zur Herstellung von Molybdänprodukten durch Pressen und Sintern.

Sputtertarget: Material, das für die physikalische Gasphasenabscheidung verwendet wird, Molybdänelektrode wird als Target in der Halbleiterindustrie verwendet.

Vollelektrischer Glasschmelzofen: Glasschmelzanlage mit Molybdänelektrode zur direkten elektrischen Erwärmung.

B. Verweise

- [1] "Physikalische und chemische Eigenschaften von Molybdänmaterialien", Zeitschrift für Materialwissenschaft und -technik, 2017
- [2] "Einführung in Molybdän-Elektrodenprodukte", China Tungsten Online, www.chinatungsten.com
- [3] "Anwendung der Molybdänelektrode in der Glasindustrie", Journal of Glass Technology, 2019
- [4] "Anwendung von Molybdän in der metallurgischen Industrie", Zeitschrift für metallurgische Materialien, 2020
- [5] "Anwendung von Molybdän in der Elektronikindustrie", Zeitschrift für Elektrotechnik, 2018
- [6] "Molybdänelektrode in der Hochtemperatur-Materialforschung", Progress in Materials Science, 2022
- [7] "Anwendung von Molybdän in der Nuklearindustrie", Journal of Nuclear Technology, 2021
- [8] "Anwendung von Molybdän in Medizinprodukten", Zeitschrift für Medizintechnik, 2023
- [9] "Globaler Molybdän-Marktbericht", Internationale Molybdän-Vereinigung, 2023
- [10] "Molybdenum Price Trend", Chinatungsten Online, news.chinatungsten.com

C. Technische Normen und Spezifikationen in Bezug auf Molybdänelektroden

ASTM B387: Stabnorm für Molybdän und Molybdänlegierungen, die die Anforderungen an Größe, Reinheit und Leistung von Molybdänelektroden festlegt.

GB / T 3462: Chinas Molybdänbarrenstandard, anwendbar auf die Herstellung und Prüfung von industriellen Molybdänelektroden.

ISO 4487: Internationaler Qualitätsstandard für Molybdänprodukte, der hohe Reinheit und Dichte betont.

ERKLÄRUNG ZUM URHEBERRECHT UND ZUR GESETZLICHEN HAFTUNG

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