

Was ist Molybdänblech

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

EINFÜHRUNG IN DIE CTIA GROUP

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

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

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

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Verzeichnis

Kapitel 1 Überblick über Molybdänplatten

- 1.1 Definition von Molybdänblechen
- 1.2 Spezifikationen von Molybdänplatten
- 1.3 Eigenschaften von Molybdänblechen
 - 1.3.1 Erscheinungsmerkmale von Molybdänblechen
 - 1.3.1.1 Aussehen und Ursache von schwarzbraunem Molybdänblech
 - 1.3.1.2 Silbergrauer Glanz und Behandlungsprinzip von Molybdänblechen nach dem Waschen von Laugen
 - 1.3.1.3 Ebenheit von Molybdänblech

Kapitel 2 Verhalten von Molybdänblechen

- 2.1 Physikalische Eigenschaften von Molybdänblechen
 - 2.1.1 Dichte von Molybdänblechen
 - 2.1.2 Schmelzpunkt von Molybdänblech
 - 2.1.3 Siedepunkt von Molybdänblech
 - 2.1.4 Leitfähigkeit von Molybdänblechen
 - 2.1.5 Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen
 - 2.1.6 Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänblech
- 2.2 Mechanische Eigenschaften von Molybdänblechen
 - 2.2.1 Hohe Festigkeit von Molybdänblech
 - 2.2.2 Duktilität von Molybdänblechen
 - 2.2.3 Kriechfestigkeit von Molybdänblechen bei hohen Temperaturen
 - 2.2.4 Härte von Molybdänblechen
 - 2.2.5 Zähigkeit von Molybdänblechen
 - 2.2.6 Ermüdungsbeständigkeit von Molybdänblechen
- 2.3 Chemische Eigenschaften von Molybdänblechen
 - 2.3.1 Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen
 - 2.3.2 Oxidationsbeständigkeit von Molybdänplatten
- 2.4 CTIA GROUP LTD Molybdänblech Sicherheitsdatenblatt

Kapitel 3 Klassifizierung von Molybdänblechen

- 3.1 Klassifizierung von Molybdänblechen nach Reinheit
 - 3.1.1 Hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95$ % Reinheit)
 - 3.1.2 Molybdänbleche mit normaler Reinheit (Reinheit von 99 % - 99,9 %)
- 3.2 Einteilung von Molybdänblechen nach dem Herstellungsprozess
 - 3.2.1 Pulvermetallurgisch hergestellte Molybdänbleche
 - 3.2.2 Warmgewalzte Molybdänbleche, hergestellt im Walzverfahren
 - 3.2.3 Kaltgewalzte Molybdänbleche, hergestellt im Walzverfahren
- 3.3 Klassifizierung von Molybdänblechen nach Anwendungsbereichen
 - 3.3.1 Molybdänbleche, die im elektronischen Bereich verwendet werden

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 3.3.2 Molybdänbleche, die in der metallurgischen Industrie verwendet werden
- 3.3.3 Molybdänbleche, die in der chemischen Industrie verwendet werden
- 3.3.4 Molybdänbleche, die in der Luft- und Raumfahrt verwendet werden
- 3.3.5 Molybdänbleche, die in anderen Bereichen verwendet werden

Kapitel 4 Herstellungs- und Vorbereitungsprozess von Molybdänblechen

- 4.1 Vorbereitung der Rohstoffe vor der Herstellung von Molybdänplatten
 - 4.1.1 Arten und Eigenschaften von Molybdänerz
 - 4.1.1.1 Eigenschaften und Verteilung von Molybdänit
 - 4.1.2 Abbau- und Aufbereitungsverfahren von Molybdänerz
 - 4.1.2.1 Molybdänerz-Tagebauverfahren und wichtige Punkte
 - 4.1.2.2 Untertageabbauethoden für Molybdänerz
 - 4.1.2.3 Prinzipien und Verfahren des Flotationsverfahrens für Molybdänerz
 - 4.1.2.4 Prinzipien und Verfahren des Schwerkrafttrennverfahrens für Molybdänerz
 - 4.1.2.5 Prinzipien und Verfahren der magnetischen Abscheidung von Molybdänerz
 - 4.1.3 Raffination und Umwandlung von Molybdänkonzentrat
 - 4.1.3.1 Oxidatives Rösten-Ammoniaklaugungs-Raffinationsverfahren für Molybdänkonzentrat
 - 4.1.3.2 Oxidatives Rösten-Säurelaugungs-Raffinationsverfahren für Molybdänkonzentrat
 - 4.1.3.3 Herstellung von Molybdänpulver aus Molybdänkonzentratextrakten
- 4.2 Formgebungsprozess von Molybdänblech
 - 4.2.1 Herstellung von Molybdänblechen durch Pulvermetallurgie
 - 4.2.2 Herstellung von Molybdänblech durch Walzverfahren
 - 4.2.2.1 Herstellung von Molybdänblechen durch Warmwalzen
 - 4.2.2.2 Herstellung von Molybdänblechen im Kaltwalzverfahren

Kapitel 5 Produktions- und Leistungsprüfeinrichtungen für Molybdänbleche

- 5.1 Bergbauausrüstung für Molybdänerz
 - 5.1.1 Tagebaumaschinen für Molybdänerz
 - 5.1.2 Untertagebauausrüstung für Molybdänerz
- 5.2 Aufbereitungsanlagen für Molybdänerz
 - 5.2.1 Zerkleinerungsanlagen für Molybdänerz
 - 5.2.2 Mahlanlagen für Molybdänerz
 - 5.2.3 Sortieranlagen für Molybdänerz
 - 5.2.4 Flotationsanlagen für Molybdänerz
- 5.3 Formanlagen für Molybdänbleche
 - 5.3.1 Pulvermetallurgische Anlagen für Molybdänbleche
 - 5.3.1.1 Pulverpressanlagen für Molybdänbleche
 - 5.3.1.2 Sinteranlagen für Molybdänbleche
 - 5.3.2 Walzanlagen für Molybdänbleche
 - 5.3.2.1 Warmwalzwerke für Molybdänbleche
 - 5.3.2.2 Kaltwalzwerk für Molybdänbleche
- 5.4 Leistungsprüfgeräte für Molybdänbleche

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 5.4.1 Dichtemessgeräte für Molybdänbleche
- 5.4.2 Schmelzpunktprüfgeräte für Molybdänbleche
- 5.4.3 Leitfähigkeitsprüfgeräte für Molybdänbleche
- 5.4.4 Prüfgeräte für die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen
- 5.5 Prüfgeräte für die mechanischen Eigenschaften von Molybdänblech
- 5.5.1 Universelle Materialprüfmaschine zur Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen
- 5.5.2 Der Härteprüfer prüft die mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen
- 5.5.3 Schlagprüfmaschine zur Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen

Kapitel 6 Prüfverfahren für die Leistung von Molybdänblechen

- 6.1 Prüfverfahren für die Dichte von Molybdänblech
- 6.2 Prüfverfahren für den Schmelzpunkt von Molybdänblech
- 6.3 Prüfverfahren für die thermische Stabilität von Molybdänblechen
- 6.4 Prüfverfahren für die Leitfähigkeit von Molybdänblech
- 6.5 Prüfverfahren für die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen
- 6.6 Prüfverfahren für den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Molybdänblech
- 6.7 Prüfverfahren für die Festigkeit von Molybdänblech
- 6.8 Prüfverfahren für die Härte von Molybdänblech
- 6.9 Prüfverfahren für die Zähigkeit von Molybdänblechen
- 6.10 Prüfverfahren für die Duktilität von Molybdänblechen
- 6.11 Prüfverfahren für die Ermüdungseigenschaften von Molybdänblechen
- 6.12 Prüfverfahren für die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen
- 6.13 Prüfverfahren für die Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblechen

Kapitel 7 Anwendungsgebiete von Molybdänblechen

- 7.1 Anwendung von Molybdänblechen im Bereich der elektronischen Information
 - 7.1.1 Anwendung von Molybdänblechen in Halbleitern
 - 7.1.2 Anwendung von Molybdänblechen in Elektrodenmaterialien
 - 7.1.3 Anwendung von Molybdänblech im Leadframe
- 7.2 Anwendung von Molybdänblechen im Saphirkristall-Züchtungssofen
 - 7.2.1 Reflektierendes Sieb im Saphirkristall-Wachstumssofen zur Herstellung von Molybdänblechen
 - 7.2.2 Molybdänbleche für die Herstellung von Abdeckungen von Saphirkristall-Züchtungsöfen
- 7.3 Anwendung von Molybdänblechen in Vakuumöfen
 - 7.3.1 Reflektierende Siebe in Vakuumöfen zur Herstellung von Molybdänblechen
 - 7.3.2 Hitze im Vakuumofen zur Herstellung von Molybdänblechen
 - 7.3.3 Verbinder in Vakuumöfen zur Herstellung von Molybdänblechen
- 7.4 Anwendung von Molybdänblechen in der Plasmabeschichtung
 - 7.4.1 Molybdänblech als Sputtertarget für die Plasmabeschichtung
- 7.5 Anwendung von Molybdänblech in der metallurgischen Industrie
 - 7.5.1 Anwendung von Molybdänblechen als Zusatzstoffe in der Stahlerzeugung
- 7.6 Anwendung von Molybdänblech in der Hochtemperaturofenstruktur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 7.6.1 Anwendung von Molybdänblech im Hitzeschild
- 7.6.2 Anwendung von Molybdänblech im Heizelement
- 7.7 Anwendung von Molybdänblech im Korrosionsschutz von chemischen Geräten
 - 7.7.1 Aufbringen von Molybdänblech in der Reaktorauskleidung
 - 7.7.2 Anwendung von Molybdänblech in Rohrbauteilen
- 7.8 Verwendung von Molybdänblech in Satellitenbauteilen
 - 7.8.1 Anwendung von Molybdänblech in Antennenbauteilen
 - 7.8.2 Anwendung von Molybdänblech im Kühler des thermischen Kontrollsystems

Kapitel 8 Sicherheits- und Umweltschutzprobleme bei der Herstellung von Molybdänplatten

- 8.1 Sicherheitsaspekte bei der Herstellung von Molybdänplatten
- 8.2 Umweltprobleme bei der Herstellung von Molybdänplatten

9. Kapitel: In- und ausländische Normen für Molybdänbleche

- 9.1 Chinesischer nationaler Standard für Molybdänbleche
- 9.2 Internationale Normen für Molybdänbleche
- 9.3 Molybdänblechnormen in Europa, Amerika, Japan, Südkorea und anderen Ländern auf der ganzen Welt

Kapitel 10 Molybdänbleche – Zahlen und Fakten

- 10.1 Was sind die wichtigsten Fakten von Molybdän-Tabletten?
- 10.2 Alle Daten der Molybdänplatten (Leistungs-, Produktions- und Anwendungsspezifikationen)

Anhang: Mehrsprachiges Glossar der Molybdän-Chips (Chinesisch, Englisch, Japanisch, Koreanisch)

Referenzen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

Molybdenum sheet is a thin metal sheet made from high-purity molybdenum through rolling processes. It features excellent high-temperature resistance, thermal conductivity, and mechanical strength. It is widely used in electronics, metallurgy, vacuum equipment, aerospace, and lighting industries as heating elements, thermal shields, or structural components. With a smooth surface and precise dimensions, molybdenum sheets can be customized in various specifications to meet the requirements of advanced manufacturing and scientific research equipment.

2. Features of Molybdenum Sheet

High Purity Material: Purity $\geq 99.95\%$, with extremely low impurity levels

High-Temperature Resistance: Melting point up to 2610°C , stable performance in extreme conditions

Excellent Workability: High flatness, smooth surface, easy to punch, shear, and weld

Customizable Specifications: Various sizes and thicknesses available to suit different processes

3. Specifications of Molybdenum Sheet

Parameter	Specification
Purity	$\geq 99.95\%$
Thickness	0.01 mm - 3.00 mm
Width	50 mm - 600 mm
Length	Custom lengths or supplied in coil
Surface Finish	Polished, Alkali-cleaned, Sandblasted
Thickness Tolerance	± 0.005 mm - ± 0.2 mm
Surface Roughness	Ra 0.8 μm – Ra 3.2 μm

4. Production Process

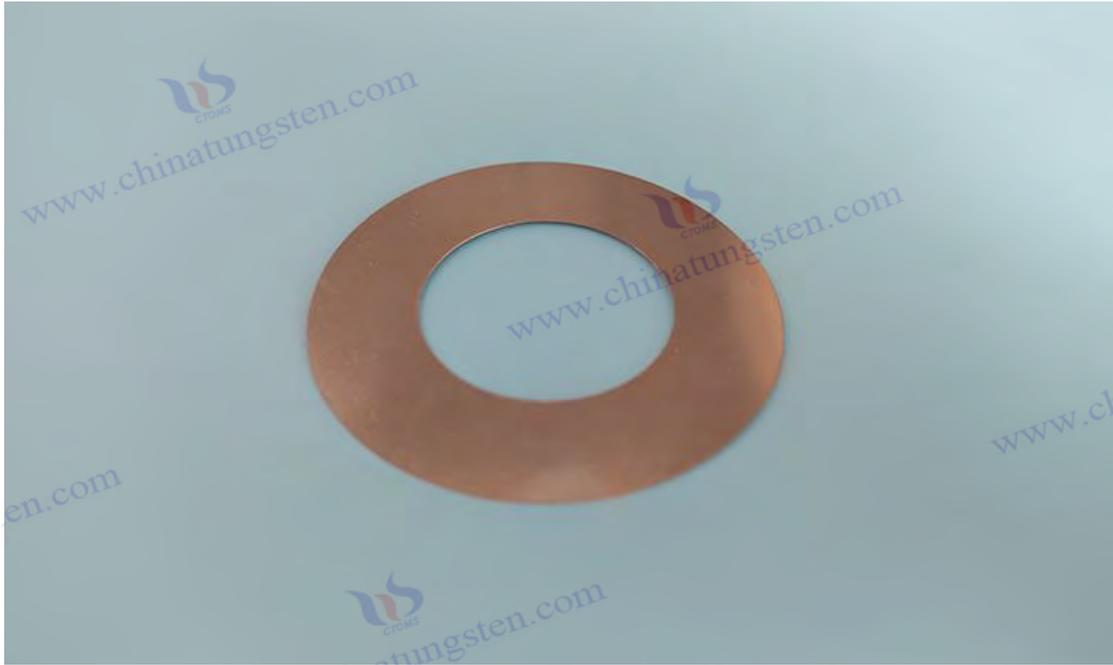
Molybdenum Ingot (Raw Material) \rightarrow Inspection \rightarrow Hot Rolling \rightarrow Leveling & Annealing \rightarrow Alkali Cleaning \rightarrow Inspection \rightarrow Warm Rolling \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Cold Rolling \rightarrow Leveling \rightarrow Shearing \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Packaging

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 1 Überblick über Molybdän-Tabletten

1.1 Definition von Molybdänblechen

Molybdänblech ist ein dünnes Blechmaterial, das aus hochreinem Molybdänmetall hergestellt wird (die Reinheit erreicht in der Regel mehr als 99,95 %) durch Verfahren wie Pulvermetallurgie, Walzen oder Schmieden, und sein Aussehen zeigt einen silbergrauen metallischen Glanz. Molybdän (chemisches Symbol Mo, Ordnungszahl 42) ist ein seltenes Übergangsmetall, das aufgrund seiner einzigartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften eine wichtige Stellung in Industrie und Wissenschaft und Technik einnimmt. Als eine Form der Molybdänmetallverarbeitung wird Molybdänblech in der Regel in extrem dünnen Dicken (von 0,01 mm bis 3 mm) präsentiert und ist weit verbreitet in der Luft- und Raumfahrt, in der Elektronikindustrie, in der Kernenergie, in medizinischen Geräten und in Hochtemperaturöfen. Sein hoher Schmelzpunkt (ca. 2620°C) und seine hohe Festigkeit machen es hervorragend für extreme Umgebungen, insbesondere in Szenarien, die eine hohe Temperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit erfordern. Der Herstellungsprozess von Molybdänblechen umfasst in der Regel die Extraktion von Molybdänum aus Molybdänit (MoS_2) und das anschließende Durchlaufen mehrerer Prozesse wie Sintern, Warmwalzen, Kaltwalzen und Glühen, um dünne Flocken mit bestimmten Eigenschaften herzustellen. Dieses Material spielt nicht nur in traditionellen Industrien eine wichtige Rolle, sondern zeigt auch in aufstrebenden Technologiebereichen wie der Halbleiterherstellung und neuen Energieanlagen einen unersetzlichen Wert.

1.2 Spezifikationen von Molybdänplatten

Im Folgenden finden Sie eine Tabelle, in der die gängigen Spezifikationen von Molybdänblechen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

aufgeführt sind, die Dicke, Breite, Länge, Art der Oberflächenbehandlung und zugehörige Leistungsindikatoren abdecken, um den Anforderungen verschiedener industrieller Szenarien gerecht zu werden:

Parameter	Spezifikationsbereich	Bemerkung
Dicke	0,01 mm - 3 mm	Ultradünne Folien (0,01-0,1 mm) werden für hochpräzise elektronische Bauteile verwendet, während dickere Bleche (>1 mm) für Strukturteile verwendet werden
Breite	50 mm - 600 mm	Es kann nach Kundenwunsch angepasst werden, und einige breite Molybdänbleche erfordern eine spezielle Walzausrüstung
Länge	Kundenspezifische Längen oder Rollenformen	Die Coilform wird für die kontinuierliche Produktion verwendet, und die Schnittlänge hängt von der Anwendung ab
Oberflächenbehandlung	Poliert, gebeizt, sandgestrahlt	Die polierte Seite ist für Halbleiter geeignet, die gebeizte Seite wird in einer Vakuumumgebung verwendet und die sandgestrahlte Seite verbessert die Haftung
Dicken-Toleranzen	$\pm 0,005$ mm - ± 02 mm	Entspricht ASTM B386, abhängig von der Dicke
Reinheit des Materials	$\geq 99,95$ %	Hochreine Molybdänbleche können mit Lanthan, Titan und anderen Elementen (z. B. TZM-Legierungen) dotiert werden, um die Leistung zu verbessern
Geglühter Zustand	Spannungsarmglühen, Vollständiges Glühen	Die Glühtemperatur beträgt 1100-1300 °C, was die Duktilität verbessert und die Sprödigkeit verringert
Oberflächenrauheit	Ra 0,8 μ m – Ra 3,2 μ m	Die Rauheit der polierten Oberfläche ist am geringsten und die Rauheit der sandgestrahlten Oberfläche ist höher

Auf dem Markt halten sich Markenprodukte wie CTIA GROUP LTD Molybdänblech strikt an den ASTM B386-Standard, die Dickentoleranz kann innerhalb von $\pm 0,005$ mm gesteuert werden, und der Ra-Wert der Oberflächenrauheit beträgt nur 0,4 Mikrometer, was den strengen Anforderungen von High-End-Anwendungen entspricht. Die Spezifikationen des Molybdänblechs können auch je nach Legierungszusammensetzung (z.B. TZM-Molybdänlegierung) oder dotierten Elementen (z.B. Lanthan oder Titan) optimiert werden, um den speziellen Anforderungen von Branchen wie der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie oder der Halbleiterherstellung gerecht zu werden. Zum Beispiel ist TZM-Molybdänlegierungsblech reinem Molybdänblech in Bezug auf Hochtemperaturfestigkeit und Kriechfestigkeit überlegen und eignet sich für Umgebungen mit höheren Temperaturen (über 1500 °C).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1.3 Eigenschaften von Molybdänblechen

Molybdänblech zeichnet sich unter vielen Hochleistungswerkstoffen durch seine einzigartigen Materialeigenschaften aus. Zunächst einmal hat Molybdänblech einen extrem hohen Schmelzpunkt (2620 °C), der nur von Wolfram, Rhenium und anderen Metallen übertroffen wird, so dass es auch in Umgebungen mit hohen Temperaturen eine hervorragende mechanische Festigkeit aufrechterhalten kann, wie z. B. eine Zugfestigkeit von mehr als 700 MPa bei 1200 °C. Zweitens haben Molybdänbleche einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), was dem Wärmeausdehnungskoeffizienten vieler keramischer Materialien und Halbleitersubstrate entspricht, was sie zu wichtigen Anwendungen in Wärmedämmschichten und elektronischen Gehäusen macht. Darüber hinaus verfügen Molybdänbleche über eine hervorragende Wärmeleitfähigkeit (Wärmeleitfähigkeit von ca. 138 W/m·K) und können Wärme effektiv abführen, wodurch sie sich für die thermische Abschirmung von Hochtemperaturöfen oder Wärmeableitungssubstraten für elektronische Geräte eignen. Molybdänbleche sind jedoch bei Raumtemperatur spröde, und ihre körperzentrierte kubische Kristallstruktur macht sie bei niedrigen Temperaturen in ihrer Duktilität begrenzt, aber wenn sie auf die Rekristallisationstemperatur (1000-1200 °C) erhitzt werden, wird die Duktilität erheblich verbessert, was für die weitere Verarbeitung praktisch ist. Molybdänbleche weisen auch eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit auf, insbesondere in sauren Umgebungen und nicht oxidierenden Atmosphären, sind aber anfällig für die Bildung von flüchtigen Oxiden (z. B. MoO_3) in oxidierenden Atmosphären, so dass sie häufig unter Vakuum- oder Schutzgasschutz eingesetzt werden. Darüber hinaus weisen Molybdänbleche eine hohe elektrische Leitfähigkeit (spezifischer Widerstand von ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{mm}$) auf, so dass es als Elektrodenmaterial oder Target in der Elektronikindustrie eingesetzt werden kann. Insgesamt weisen Molybdänbleche eine hohe Festigkeit, eine hohe Temperaturbeständigkeit, eine geringe Wärmeausdehnung und eine hervorragende thermische und elektrische Leitfähigkeit auf, was sie zu unverzichtbaren Materialien für die Luft- und Raumfahrt, die Nuklearindustrie und die Halbleiterherstellung macht.

1.3.1 Erscheinungsmerkmale von Molybdänblechen

1.3.1.1 Aussehen und Ursache von schwarzbraunem Molybdänblech

Unbehandelte Molybdänbleche haben bei der Herstellung oft ein schwarzbraunes Aussehen, eine Eigenschaft, die vor allem auf die Oxidschicht zurückzuführen ist, die sich auf ihrer Oberfläche bildet. Bei der Verarbeitung von Molybdänblechen, wie z.B. beim Walzen oder Glühen, reagiert das Molybdänmetall an der Luft unter Bildung von Molybdänoxid (MoO_3 oder MoO_2) mit Sauerstoff. Diese Oxide sind in der Regel schwarzbraun oder dunkelgrau gefärbt und bedecken die Oberfläche des Molybdänblechs und bilden einen dünnen, dichten Oxidfilm. Das Auftreten von Oxidationsreaktionen hängt eng mit der Temperatur und der Sauerstoffkonzentration in der Verarbeitungsumgebung zusammen. Beim Glühen bei hohen Temperaturen (800-1000 °C) sind Molybdänoberflächen beispielsweise sehr anfällig für Oxidation, wenn sie nicht durch Vakuum oder Inertgase wie Argon oder Stickstoff geschützt sind. Darüber hinaus kann das schwarz-braune Aussehen von Molybdänplatten auch durch

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schmiermittelrückstände, die im Walzprozess verwendet werden, oder durch Spuren von Oberflächenverunreinigungen beeinträchtigt werden. Diese Schmierstoffe können bei hohen Temperaturen verkohlen und Spuren von kohlenstoffbasierten Verbindungen bilden, die die Oberflächenfarbe weiter verdunkeln. Obwohl die schwarz-braune Oxidschicht das Molybdänblech bis zu einem gewissen Grad vor weiterer Korrosion schützt, muss diese Oxidschicht bei hochpräzisen Anwendungen wie Halbleitertargets oder elektronischen Bauteilen oft durch Nachbearbeitung entfernt werden, um die Oberflächenreinheit und eine gleichbleibende Leistung zu gewährleisten.

1.3.1.2 Silbergrauer Glanz und Behandlungsprinzip von Molybdänblechen nach dem Waschen von Laugen

Durch die Ätzwäsche kann die Oberfläche des Molybdänblechs den charakteristischen silbergrauen metallischen Glanz annehmen, der nicht nur ein wesentliches Merkmal von Molybdänmetall ist, sondern auch ein Spiegelbild seiner hohen Reinheit und Oberflächenreinheit ist. Beim Laugenwaschverfahren wird in der Regel eine stark alkalische Lösung wie Natriumhydroxid (NaOH) oder Kaliumhydroxid (KOH) verwendet, um die Molybdänplatten bei einer bestimmten Temperatur (50-80 °C) einzuweichen und Oxide, Fette und organische Rückstände von der Oberfläche zu entfernen. Das chemische Prinzip der Laugewäsche beruht auf der Reaktion von Molybdänoxid mit einer alkalischen Lösung, z.B. reagiert MoO_3 mit NaOH zu löslichem Natriummolybdat (Na_2MoO_4), wodurch sich die Oberflächenoxidschicht ablöst und die wahre Farbe des Molybdänmetalls sichtbar wird. Darüber hinaus folgt auf Laugenwaschungen oft ein Spül- und Trocknungsprozess mit deionisiertem Wasser, um eine sekundäre Oxidation zu verhindern und sicherzustellen, dass die Oberfläche frei von chemischen Rückständen ist. Die Oberflächenrauheit des ätzend gewaschenen Molybdänblechs kann bis zu Ra 0,4 Mikrometer betragen und zeigt einen spiegelnden silbergrauen Glanz, der nicht nur die Ästhetik verbessert, sondern auch die Leistung des Molybdänblechs in einer Vakuumumgebung erheblich verbessert, wie z. B. die Verringerung der Gasfreisetzungsrates, und für den Einsatz in Vakuumöfen oder Sputtertargets geeignet ist. Eine präzise Steuerung des Laugewaschprozesses ist besonders wichtig für hochwertige Molybdänplattenprodukte, wie z. B. Molybdänplatten der CTIA GROUP LTD, indem der Laugewaschprozess optimiert wird, um die Oberflächengüte und Konsistenz sicherzustellen und die Anforderungen der Norm ASTM B386 für hochpräzise Molybdänplatten zu erfüllen.

1.3.1.3 Ebenheit von Molybdänblech

Die Ebenheit von Molybdänblechen ist ein wichtiger Indikator für ihre Aussehenseigenschaften und ihre Anwendungsleistung, insbesondere bei hochpräzisen Anwendungen wie Dünnschichtabscheidung, elektronischer Verpackung und feinmechanischen Komponenten. Die Ebenheit wird in der Regel durch die Oberflächenwelligkeit oder die Ebenheitsabweichung quantifiziert, und die Ebenheitsabweichung von hochwertigem Molybdänblech kann innerhalb von $\pm 0,01$ mm/m gesteuert werden. Die Ebenheit eines Molybdänblechs wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, darunter der Walzprozess, die Glühbehandlung und die Materialdicke. Ultradünne Molybdänbleche (Dicke $< 0,1$ mm) sind während des Kaltwalzprozesses anfällig für innere Spannungen, was zu leichten Oberflächenwellen oder Welligkeiten führt, so dass ein präzises Spannungsarmglühen (1100-1300 °C) erforderlich ist, um die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kornstruktur zu verbessern und Spannungen abzubauen. Dickere Molybdänbleche (>1 mm) sind aufgrund der hohen Steifigkeit des Materials relativ einfach zu kontrollieren, jedoch muss eine übermäßige Verformung oder ungleichmäßige Abkühlung während des Walzprozesses vermieden werden. Modernste Walzanlagen und Multi-Pass-Glühprozesse können die Planlage des Molybdänblechs deutlich verbessern, indem beispielsweise der Temperaturgradient und die Abkühlgeschwindigkeit durch einen Vakuumglühofen gesteuert werden, wodurch die Oberflächenwelligkeit des Molybdänblechs minimiert wird. Darüber hinaus hängt die Ebenheit auch mit der Oberflächenbehandlung zusammen, und Molybdänbleche nach dem Polieren oder Beizen weisen aufgrund einer gleichmäßigeren Oberflächenspannungsverteilung in der Regel eine höhere Ebenheit auf. In der Praxis können Molybdänbleche mit hoher Ebenheit eine gute Passform zwischen dem Target und dem Substrat während der Dünnschichtabscheidung gewährleisten oder die thermischen Spannungskonzentrationen in elektronischen Gehäusen reduzieren und so die Lebensdauer der Komponenten verlängern.



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 2 Verhalten von Molybdänblechen

2.1 Physikalische Eigenschaften von Molybdänblechen

CTIA GROUP LTD Molybdänbleche werden aufgrund ihrer hervorragenden physikalischen Eigenschaften bevorzugt und werden in der Luft- und Raumfahrt, in der Elektronik und in Hochtemperaturanwendungen eingesetzt und decken Schlüsseleigenschaften wie Dichte, Schmelzpunkt, Siedepunkt, elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnungskoeffizient ab. Diese Eigenschaften sind auf die körperzentrierte kubische Kristallstruktur und die Plateau-Bindungsenergie von Molybdän zurückzuführen, die es zu einer hervorragenden Stabilität und Funktionalität in extremen Umgebungen macht. Im Folgenden werden der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänblech sowie seine hohe Festigkeit, Duktilität und Hochtemperaturkriechbeständigkeit in den mechanischen Eigenschaften ausführlich erörtert und eine eingehende Analyse auf der Grundlage professioneller Daten und des Prozesshintergrunds durchgeführt, um seinen Anwendungswert in hochpräzisen und Hochtemperaturszenarien aufzuzeigen.

2.1.1 Dichte von Molybdänblechen

Die Dichte von Molybdänblech ist ein wichtiger Indikator für seine physikalischen Eigenschaften, die in der Regel bei etwa $10,22 \text{ g/cm}^3$ (bei 20 °C) liegt, etwas niedriger als bei Wolfram ($19,25 \text{ g/cm}^3$), aber höher als bei vielen gängigen Metallen wie Eisen ($7,87 \text{ g/cm}^3$) oder Aluminium ($2,70 \text{ g/cm}^3$). Dieser Dichtewert spiegelt die kompakte atomare Anordnung des Molybdänmetalls wider, wodurch es bei gleichzeitig hoher Festigkeit relativ leicht ist und sich daher für Anwendungen eignet, die sowohl Festigkeit als auch Gewicht erfordern, wie z. B. thermische Abschirmung für Luft- und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Raumfahrtkomponenten oder Hochtemperaturöfen. Die Dichte eines Molybdänblechs wird durch seine Reinheit und Spuren Mengen an dotierten Elementen beeinflusst. So liegt beispielsweise die Dichte eines hochreinen Molybdänblechs (Reinheit $\geq 99,95\%$) nahe am theoretischen Wert, während ein mit Lanthan oder Titan dotiertes TZM-Molybdänlegierungsblech aufgrund der Zugabe einer geringen Menge anderer Elemente eine geringfügige Änderung der Dichte (in der Regel zwischen $10,16$ und $10,20\text{ g/cm}^3$) aufweisen kann. Während des Produktionsprozesses wird die Dichte des Molybdänblechs durch die Pulvermetallurgie und den anschließenden Walzprozess genau kontrolliert. Die Partikelgröße und die Sinterbedingungen des anfänglichen Molybdänpulvers (z. B. Temperatur $1800-2000\text{ }^\circ\text{C}$, Vakuum- oder Wasserstoffschutz) beeinflussen die Dichte des Rohlings, während mehrere Durchgänge des Kaltwalzens und Glühens die innere Porosität weiter eliminieren und eine gleichmäßige Dichte des Molybdänblechs gewährleisten. Die Dichtekonstanz ist besonders wichtig für die Dünnschichtabscheidung oder Zielanwendungen, da jede kleine Dichteabweichung zu ungleichmäßigen Sputterraten oder instabilen Materialeigenschaften führen kann. Bei der eigentlichen Messung wird die Dichte des Molybdänblechs in der Regel mit der Archimedes-Drainagemethode oder dem Röntgendichtemessgerät überprüft, und der Fehler wird innerhalb von $\pm 0,01\text{ g/cm}^3$ kontrolliert, um den Anforderungen hochpräziser Anwendungen gerecht zu werden.

2.1.2 Schmelzpunkt von Molybdänblech

Der Schmelzpunkt von Molybdänblech ist mit etwa $2620\text{ }^\circ\text{C}$ (2893 K) eine seiner wichtigsten physikalischen Eigenschaften, die nach Wolfram ($3422\text{ }^\circ\text{C}$) und Rhenium ($3180\text{ }^\circ\text{C}$) unter den gängigen Metallen an zweiter Stelle steht. Dieser extrem hohe Schmelzpunkt ermöglicht eine gute Leistung von Molybdänblechen in Hochtemperaturumgebungen und wird häufig in hitzebeständigen Komponenten in Vakuumöfen, Kernreaktoren und Luft- und Raumfahrttriebwerken eingesetzt. Der hohe Schmelzpunkt von Molybdän ist auf seine starken metallischen Bindungen und seine körperzentrierte kubische Kristallstruktur zurückzuführen, die ihm eine hohe mechanische Festigkeit bei hohen Temperaturen verleiht. So kann beispielsweise bei $1200\text{ }^\circ\text{C}$ die Zugfestigkeit von Molybdänblechen noch über 700 MPa gehalten werden, was weit über der vieler anderer Metallwerkstoffe liegt. Die Stabilität des Schmelzpunkts hängt auch eng mit der Reinheit des Molybdänblechs zusammen, das aufgrund seines sehr geringen Verunreinigungsgehalts näher am theoretischen Wert von hochreinem Molybdänblech ($\geq 99,95\%$) liegt, während Spurenverunreinigungen (wie Kohlenstoff, Sauerstoff oder Stickstoff) den Schmelzpunkt leicht senken oder lokale Eigenschaftsänderungen verursachen können. Während des Produktionsprozesses werden die Schmelzpunkteigenschaften von Molybdänblechen durch eine strenge Kontrolle der Rohstoffreinigung und der Verarbeitungsumgebung erhalten. So muss beispielsweise Molybdänit (MoS_2) nach der Reinigung bei hohen Temperaturen im Vakuum oder in reduzierender Atmosphäre gesintert werden, um Oxideinschlüsse zu vermeiden, die die Materialeigenschaften beeinträchtigen. Darüber hinaus müssen Molybdänplatten bei Hochtemperaturanwendungen auf ihre Oxidationsneigung achten, und in oxidierenden Atmosphären über $600\text{ }^\circ\text{C}$ bildet Molybdän schnell flüchtige Oxide (z. B. MoO_3), so dass es oft unter Vakuum oder unter dem Schutz von Inertgasen wie Argon oder Stickstoff verwendet wird, um seinen hohen Schmelzpunkt zu nutzen. Diese Eigenschaft von Molybdänblechen macht sie ideal für die thermische Abschirmung, Sputtertargets und Superlegierungssubstrate in Hochtemperaturöfen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.1.3 Siedepunkt von Molybdänblech

Der Siedepunkt von Molybdänblech ist ein weiteres Schlüsselmerkmal seiner physikalischen Eigenschaften, der bei etwa 4639 °C (4912 K) liegt und damit nach einigen Metallen mit hohem Schmelzpunkt wie Wolfram (5555 °C) und Rhenium (5596 °C) zu den höchsten im Bereich der Metallwerkstoffe gehört. Dieser extrem hohe Siedepunkt ermöglicht es dem Molybdänblech, unter extrem hohen Temperaturbedingungen strukturell stabil zu bleiben, wodurch es sich besonders für den Einsatz in Anwendungen eignet, die einen Betrieb mit extrem hohen Temperaturen erfordern, wie z. B. Plasmaspritzen, Vakuumverdampfung oder Hochtemperaturschmelzanlagen. Der hohe Siedepunkt von Molybdän hängt eng mit seinen starken metallischen Bindungen und seinem niedrigen Dampfdruck (Dampfdruck von nur etwa 10^{-7} Pa bei 3000°C) zusammen, was bedeutet, dass Molybdänbleche auch bei Temperaturen nahe dem Schmelzpunkt extrem geringe Verflüchtungsverluste aufweisen und in der Lage sind, ihre physikalische Form über lange Zeit beizubehalten. Die Stabilität des Siedepunkts wird durch die Reinheit des Molybdänblechs beeinflusst, die aufgrund des geringen Gehalts an Verunreinigungen in hochreinen Molybdänblechen ($\geq 99,95\%$) näher am theoretischen Wert liegt, während Spurenverunreinigungen (wie Sauerstoff oder Kohlenstoff) lokale Verflüchtigungen oder Oberflächendefekte verursachen können. Während des Produktionsprozesses werden die Siedpunkteigenschaften von Molybdänplatten durch die Auswahl hochreiner Rohstoffe und den Verarbeitungsprozess in einer Vakuumumgebung optimiert. So kann beispielsweise beim Vakuumsintern oder Glühen (die Temperatur wird in der Regel auf 1800-2000°C geregelt) die Bildung von Oxiden oder Nitriden effektiv reduziert und die Stabilität des Materials bei hohen Temperaturen sichergestellt werden. Der hohe Siedepunkt von Molybdänblechen verschafft ihnen einzigartige Vorteile in der Luft- und Raumfahrtindustrie (z. B. Raketendüsenauskleidungen) oder in der Halbleiterindustrie (z. B. Hochtemperatur-Verdampfungsschiffchen), aber die Exposition gegenüber hohen Temperaturen in oxidierenden Atmosphären muss vermieden werden, um Materialverluste durch Oxidverflüchtigung zu verhindern.

2.1.4 Leitfähigkeit von Molybdänblechen

Die Leitfähigkeit von Molybdänblech ist eine wichtige Grundlage für seine breite Anwendung in der Elektronikindustrie, und sein spezifischer Widerstand beträgt etwa $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ (bei 20°C), die entsprechende Leitfähigkeit beträgt $1,92 \times 10^7$ S/m, was auf eine gute Leitfähigkeit hinweist. Im Vergleich zu Kupfer (spezifischer Widerstand $1,68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$) oder Silber ($1,59 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$) ist Molybdänblech etwas weniger leitfähig, aber seine Leitfähigkeitsstabilität bei hohen Temperaturen ist viel höher als die vieler gängiger Leitermaterialien. Bei 1000 °C steigt beispielsweise der spezifische Widerstand von Molybdänblechen nur um das 2,5-fache an, während der spezifische Widerstand von Kupfer um mehr als das 5-fache ansteigen kann. Diese leitfähige Stabilität bei hohen Temperaturen macht Molybdänbleche ideal für Elektrodenmaterialien, Sputtertargets und Hochtemperatur-Schaltungskomponenten. Die Leitfähigkeit von Molybdänblech hängt eng mit seiner Kristallstruktur und Reinheit zusammen, und die körperzentrierte kubische Struktur von Molybdänmetall weist eine hohe Elektronenbeweglichkeit auf, während eine hohe Reinheit ($\geq 99,95\%$) die Korngrenzstreuung und den

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verunreinigungswiderstand verringern kann. Während des Produktionsprozesses werden die leitfähigen Eigenschaften des Molybdänblechs durch die Steuerung des Walzprozesses und der Glühbedingungen weiter optimiert. So verbessert beispielsweise das Spannungsarmglühen (1100-1300 °C) die Kornstruktur und reduziert den Korngrenzwiderstand, was zu einer höheren Leitfähigkeit führt. Darüber hinaus verringern Oberflächenbehandlungen wie Polieren oder Beizen den Einfluss der Oxidschicht auf die Leitfähigkeit der Oberfläche und sorgen so für stabile elektrische Eigenschaften des Molybdänblechs im Vakuum oder in inerter Umgebung. Die elektrische Leitfähigkeit von Molybdänblechen ist vor allem in der Halbleiterfertigung von Bedeutung, zum Beispiel als Sputtertarget für die Abscheidung leitfähiger Dünnschichten oder als Anodenmaterial in Röntgenröhren.

2.1.5 Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen

Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen ist ein entscheidender Vorteil bei Hochtemperatur-Wärmeableitungs- und Wärmemanagementanwendungen, mit einer Wärmeleitfähigkeit von etwa 138 W/m·K bei 20 °C, was nahe an Aluminium (237 W/m·K), aber viel höher als bei Edelstahl (etwa 16 W/m·K) liegt. Diese hervorragende Wärmeleitfähigkeit ermöglicht es Molybdänblechen, Wärme schnell zu übertragen, was bei der Wärmeabschirmung in Hochtemperaturöfen, bei Wärmeableitungssubstraten für elektronische Geräte und beim Wärmemanagement von Luft- und Raumfahrtkomponenten weit verbreitet ist. Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblech hängt eng mit seiner elektronischen Struktur und Kristallregelmäßigkeit zusammen, und die körperzentrierte kubische Struktur von Molybdänmetall weist eine hohe Dichte an freien Elektronen auf, die der schnellen Wärmeleitung förderlich ist. Die Wärmeleitfähigkeit nimmt mit steigender Temperatur leicht ab, z.B. auf etwa 100 W/m·K bei 1000°C, ist aber für die meisten Hochtemperaturanwendungen immer noch ausreichend. Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen wird auch durch ihre Reinheit und Mikrostruktur beeinflusst, wobei hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) aufgrund einer geringeren Streuung von Korngrenzen und Verunreinigungen eine bessere Wärmeleitfähigkeit aufweisen, während dotierte Legierungen (z. B. TZM) die Wärmeleitfähigkeit aufgrund der Zugabe von Elementen leicht verringern können (etwa 120-130 W/m·K). Während der Produktion wird die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen verbessert, indem der Sinter- und Walzprozess optimiert wird, z. B. durch die Verringerung der inneren Porosität durch Vakuumsintern oder die Kontrolle der Korngröße durch Kaltwalzen und Glühen, um den Wärmewiderstand zu minimieren. In der Praxis macht die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen es zu einem Kühlkörpermaterial in Halbleitergehäusen oder als thermische Abschirmschicht in Hochtemperaturöfen, wodurch Temperaturgradienten effektiv reduziert und die Lebensdauer der Geräte verlängert werden können.

2.1.6 Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänblech

Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänblechen ist eine kritische physikalische Eigenschaft in Hochtemperaturanwendungen und liegt im Durchschnitt bei etwa $4,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (im Bereich von 20-1000 °C), weit unter Kupfer ($16,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und Aluminium ($23,1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). Er ähnelt jedoch dem Wärmeausdehnungskoeffizienten vieler keramischer Materialien (z. B. Aluminiumoxid, ca. $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und Halbleitersubstraten (z. B. Silizium, ca. $2,6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). Dieser niedrige

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Wärmeausdehnungskoeffizient ermöglicht es Molybdänplatten, die thermische Belastung in Hochtemperaturumgebungen effektiv zu reduzieren, was sie ideal für Anwendungen macht, die eine thermische Anpassung erfordern, wie z. B. elektronische Verpackungen, Dünnschichtabscheidung und Wärmedämmschichten. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient ist auf die körperzentrierte kubische Kristallstruktur des Molybdänmetalls zurückzuführen, die eine starke interatomare Bindungskraft aufweist, die die Ausdehnung des Kristallgitters bei hohen Temperaturen begrenzt.

Die Wärmeausdehnung von Molybdänblechen wird auch durch ihre Reinheit und Verarbeitungstechnologie beeinflusst, wobei hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) einen stabileren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, während dotierte Legierungen (wie TZM, das Titan und Zirkonium enthält) den Wärmeausdehnungskoeffizienten leicht erhöhen können (etwa $5,0-5,3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). Während des Produktionsprozesses wird die Gleichmäßigkeit des Wärmeausdehnungskoeffizienten durch präzise Walz- und Glühprozesse gesteuert, z. B. durch Vakuumglühen ($1100-1300^{\circ}\text{C}$), um die Kornstruktur zu optimieren, mikroskopisch kleine Spannungskonzentrationen zu reduzieren und ein gleichbleibendes Wärmeausdehnungsverhalten zu gewährleisten. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänblechen ist besonders wichtig in der Halbleiterherstellung, z. B. als Substratmaterial für Chip-Packaging, das durch Temperaturänderungen verursachte thermische Fehlanpassungsspannungen effektiv reduzieren und dadurch die Zuverlässigkeit der Bauelemente verbessern kann. Darüber hinaus tragen die geringen Wärmeausdehnungseigenschaften von Molybdänblechen in Hochtemperaturöfen oder Luft- und Raumfahrtkomponenten dazu bei, die strukturelle Stabilität zu erhalten und die Lebensdauer zu verlängern.

2.2 Mechanische Eigenschaften von Molybdänblechen

Die mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen, einschließlich hoher Festigkeit, Duktilität und Kriechfestigkeit bei hohen Temperaturen, sind die Kernvorteile von Molybdänblechen in rauen Anwendungen. Die körperzentrierte kubische Kristallstruktur des Molybdänmetalls verleiht ihm eine hervorragende mechanische Festigkeit, bringt aber auch ein gewisses Maß an Sprödigkeit bei niedrigen Temperaturen mit sich. Durch fortschrittliche Verarbeitungstechniken wie Kaltwalzen, Warmwalzen und Glühen können die mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen optimiert werden, so dass sie sowohl bei Umgebungstemperaturen als auch bei hohen Temperaturen eine gute Leistung erbringen. Im Folgenden werden die hohe Festigkeit, Duktilität und Kriechfestigkeit von Molybdänblechen im Detail analysiert und ihre Anwendbarkeit in der Luft- und Raumfahrt, in der Nuklearindustrie und in Hochtemperaturöfen anhand professioneller Daten aufgezeigt.

2.2.1 Hohe Festigkeit von Molybdänblech

Die hohe Festigkeit von Molybdänblech ist ein wichtiges Merkmal in Umgebungen mit hoher Belastung und hohen Temperaturen, und seine Zugfestigkeit kann bei Raumtemperatur $800-1000\text{ MPa}$ erreichen, was viel höher ist als die vieler gängiger Metalle wie Aluminium (ca. 200 MPa) oder Edelstahl (ca. 500 MPa). Bei hohen Temperaturen wie 1200°C kann die Zugfestigkeit von Molybdänblechen immer noch

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

über 700 MPa gehalten werden, was eine hervorragende Festigkeitsstabilität zeigt. Diese hohe Festigkeit beruht auf den starken metallischen Bindungen und dem hohen Elastizitätsmodul (ca. 320 GPa) von Molybdän, die es ihm ermöglichen, erheblichen mechanischen Belastungen standzuhalten. Die Festigkeit von Molybdänblechen wird durch ihre Reinheit und Verarbeitungstechnologie beeinflusst, hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) haben eine höhere Festigkeit aufgrund weniger Verunreinigungen in den Korngrenzen, während dotierte Legierungen (wie z.B. TZM) die Hochtemperaturfestigkeit (bis zu mehr als 1200 MPa) durch Zugabe von Titan, Zirkonium und anderen Elementen weiter verbessern. Während des Produktionsprozesses wird die Festigkeit des Molybdänblechs durch Mehrgangwalzen und Spannungsarmglühen optimiert. Das Kaltwalzverfahren verbessert die Festigkeit erheblich, indem es Versetzungen und Kornfeinungen einführt, während das Glühen (1100-1300 °C) Festigkeit und Zähigkeit ausgleicht und eine übermäßige Versprödung vermeidet. Die hohe Festigkeit von Molybdänblechen macht sie zu wichtigen Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt (z. B. Stützstruktur von Turbinenschaufeln) oder in der Nuklearindustrie (z. B. Reaktorbehälterauskleidungen), wo sie extremen mechanischen Belastungen und hohen Temperaturbelastungen standhalten.

2.2.2 Duktilität von Molybdänblechen

Die Duktilität von Molybdänblech ist ein wichtiger Aspekt seiner mechanischen Eigenschaften, obwohl seine körperzentrierte kubische Kristallstruktur bei Raumtemperatur ein gewisses Maß an Sprödigkeit aufweist, kann es unter geeigneten Bedingungen eine gute Duktilität erreichen. Bei Raumtemperatur haben Molybdänbleche typischerweise eine Bruchdehnung zwischen 5 und 10 %, was geringer ist als die von hochduktilen Metallen wie Kupfer (ca. 50 %), aber durch Hochtemperaturverarbeitung oder Glühen deutlich verbessert werden kann. Beispielsweise kann bei einer Rekristallisationstemperatur von 1000-1200 °C die Bruchdehnung von Molybdänblech auf mehr als 20 % erhöht werden, was für das Formen komplexer Formen geeignet ist. Die Verbesserung der Duktilität steht in engem Zusammenhang mit der Optimierung des Korngefüges, und das kaltgewalzte Molybdänblech ist aufgrund der hohen Fehlerdichte spröde, aber die Kornrekristallisation kann durch Vakuumglühen (1100-1300 °C) gefördert werden, und die innere Spannung und die Versetzungsdichte können reduziert werden, wodurch die Duktilität verbessert wird. Hochreines Molybdänblech ($\geq 99,95\%$) weist aufgrund weniger Verunreinigungen eine bessere Duktilität auf, während dotierte Legierungen (wie z. B. TZM) bei hohen Temperaturen eine leicht verringerte Duktilität aufweisen, aber bei niedrigen Temperaturen immer noch besser sind als reines Molybdän. Während des Produktionsprozesses wird die Duktilität von Molybdänblechen durch präzise kontrollierte Walzgänge und Glühprozesse optimiert, wie z. B. das Walzen mit mehreren Durchgängen mit kleinen Verformungen in Kombination mit Niedertemperaturglühen, das die Duktilität bei gleichbleibender Festigkeit verbessert. Aufgrund ihrer Duktilität werden Molybdänbleche häufig in der Dünnschichtabscheidung, beim Stanzen und in der Präzisionsbearbeitung eingesetzt, z. B. als flexible Substrate oder Targets in der Halbleiterindustrie.

2.2.3 Kriechfestigkeit von Molybdänblechen bei hohen Temperaturen

Die Kriechfestigkeit von Molybdänblechen bei hohen Temperaturen ist ein entscheidender Vorteil bei Langzeitbelastungen bei hohen Temperaturen, insbesondere in Anwendungen wie der Luft- und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Raumfahrt und bei Hochtemperaturöfen. Kriechen bezieht sich auf die langsame Verformung von Materialien bei hohen Temperaturen und konstanter Spannung, und Molybdänbleche haben extrem niedrige Kriechraten bei hohen Temperaturen (1000-1500 °C), wie z. B. 10^{-6} bei 1200 °C und 100 MPa Spannungen/s, was viel besser ist als Edelstahl (ca. 10^{-4} /s). Diese hervorragende Kriechbeständigkeit ist auf den hohen Schmelzpunkt und die starken metallischen Bindungen des Molybdänmetalls sowie auf die Stabilität seiner körperzentrierten kubischen Kristallstruktur bei hohen Temperaturen zurückzuführen. Dotierte Legierungen (z. B. TZM) erhöhen die Kriechfestigkeit weiter, indem sie Titan, Zirkonium und Kohlenstoff zu einer gefällten Phase hinzufügen, und ihre Kriechfestigkeit kann im Vergleich zu reinem Molybdän um 30-50 % erhöht werden. Während der Produktion wird die Kriechfestigkeit durch Optimierung der Korngröße und der Dotierungsprozesse verbessert, z. B. durch die Steuerung der Sintertemperatur (1800-2000 °C) und der Abkühlgeschwindigkeit, was zu einer feinen und gleichmäßigen Kornstruktur führt, die den Korngrenzschlupf und die Kriechverformung reduziert. Darüber hinaus hängt die Kriechfestigkeit von Molybdänblechen auch mit ihrem Oberflächenzustand und der Umgebung zusammen, in der sie verwendet werden, und im Vakuum oder in inerter Atmosphäre können Molybdänbleche die Oxidbildung vermeiden und so eine langfristige Hochtemperaturstabilität aufrechterhalten. Die Kriechbeständigkeit von Molybdänblechen bei hohen Temperaturen macht sie unersetzlich in Hochtemperatur-Ofeneinbauten, Stützstrukturen für Kernreaktoren und Hochtemperaturkomponenten für die Luft- und Raumfahrt, so dass sie ihre Form und Festigkeit unter extremen Bedingungen beibehalten können.

2.2.4 Härte von Molybdänblechen

Die Härte von Molybdänblech der CTIA GROUP LTD ist eine wichtige Verkörperung seiner mechanischen Eigenschaften, die es bei verschleißfesten und hochbelasteten Anwendungen zu erheblichen Vorteilen macht. Die Härte von Molybdänblechen wird normalerweise in Vickers (HV) oder Brinell (HB) ausgedrückt, und der Vickers-Härtebereich von hochreinen Molybdänblechen (Reinheit $\geq 99,95\%$) bei Raumtemperatur beträgt 220-250 HV, was einer Brinell-Härte von etwa 230-260 HB entspricht, viel höher als Aluminium (etwa 30 HV) und nahe an einigen niedriglegierten Stählen. Diese hohe Härte ist auf die körperzentrierte kubische Kristallstruktur des Molybdänmetalls und seine starke atomare Bindungskraft zurückzuführen, die Oberflächenkratzern und Verformungen effektiv widerstehen kann. Die Härte von kaltgewalztem Molybdänblech kann aufgrund der Erhöhung der Versetzungsdichte auf mehr als 280 HV erhöht werden, während die Härte von geglühtem (1100-1300 °C) leicht auf 200-220 HV reduziert wird, um die Zähigkeit auszugleichen. Dotierte Legierungen wie TZM (mit Titan, Zirkonium und Kohlenstoff) können durch einen Ausscheidungsverstärkungsmechanismus eine Härte von 300-350 HV erreichen, was besonders für Hochtemperatur- und Hochbelastungsumgebungen geeignet ist. Im Produktionsprozess wird die Härte durch die Steuerung des Walzverformungsgrades und des Glühprozesses präzise eingestellt, z. B. Mehrgang-Kaltwalzen in Kombination mit Niedertemperaturglühen, um die Korngröße zu optimieren, eine hohe Härte zu erhalten und Sprödigkeit zu vermeiden. Die hohe Härte von Molybdänblechen macht sie hervorragend zum Sputtern von Targets, zum Schneiden von werkzeugbeschichteten Substraten und Hochtemperaturformen geeignet und hält mechanischem Verschleiß und Oberflächenbeanspruchungen stand.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.2.5 Zähigkeit von Molybdänblechen

Die Zähigkeit von Molybdänblech bezieht sich auf seine Fähigkeit, Energie zu absorbieren und Brüchen zu widerstehen, wenn es Gewalteinwirkung ausgesetzt wird, obwohl seine körperzentrierte kubische Kristallstruktur bei Raumtemperatur ein gewisses Maß an Sprödigkeit aufweist, kann Molybdänblech bei entsprechender Prozessoptimierung eine mäßige Zähigkeit aufweisen. Bei Raumtemperatur liegt die Bruchzähigkeit (K_{IC}) von Molybdänblech normalerweise zwischen $10-15 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, was niedriger ist als die von Metallen mit hoher Zähigkeit wie Kupfer (etwa $50 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$), aber bei hohen Temperaturen ($1000-1200^\circ\text{C}$) wird die Zähigkeit erheblich verbessert, und die Bruchzähigkeit kann mehr als $20 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ erreichen. Dies ist auf die Erhöhung des Korngrenzschlupfes und der Versetzungsbewegung bei hohen Temperaturen zurückzuführen, wodurch die Sprödbbruchneigung verringert wird. Die Zähigkeit von Molybdänblechen wird durch Reinheit und Mikrostruktur beeinflusst, hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95 \%$) haben sauberere Korngrenzen und eine bessere Zähigkeit aufgrund weniger Verunreinigungen, während dotierte Legierungen wie TZM das Gleichgewicht von Zähigkeit und Festigkeit bei hohen Temperaturen durch Ausscheidungsphasenverfestigung aufrechterhalten können. In der Produktion wird die Zähigkeit effektiv verbessert und die Rissausbreitung reduziert, indem die Korngröße kontrolliert und der Glühprozess optimiert wird, z. B. beim Vakuumglühen ($1100-1300^\circ\text{C}$), um gleichmäßige und feine Körner zu bilden. Die Zähigkeit von Molybdänblechen verschafft ihnen einen Vorteil bei Komponenten für die Luft- und Raumfahrt wie Hochtemperaturdüsen und elektronischen Substraten, wo sie Temperaturschocks und mechanischen Vibrationen standhalten können, ohne bruchanfällig zu sein.

2.2.6 Ermüdungsbeständigkeit von Molybdänblechen

Die Ermüdungsbeständigkeit von Molybdänblech spiegelt seine Fähigkeit wider, der Entstehung und Ausbreitung von Ermüdungsrissen unter zyklischer Belastung zu widerstehen, was eine Schlüsseleigenschaft bei dynamischen Belastungsanwendungen ist. Bei Raumtemperatur liegt die Ermüdungsgrenze von Molybdänblech (d. h. die Spannung, die bei 10^7 Zyklen nicht bricht) bei etwa $400-500 \text{ MPa}$, was etwa 50% seiner Zugfestigkeit entspricht. Bei hohen Temperaturen (1000°C) sinkt die Ermüdungsgrenze leicht auf $300-400 \text{ MPa}$, ist aber immer noch besser als bei vielen metallischen Werkstoffen. Die Ermüdungsbeständigkeit von Molybdänblech hängt eng mit seiner Kristallstruktur und Oberflächenqualität zusammen, und die körperzentrierte kubische Struktur von Molybdänmetall weist eine höhere Ermüdungsrissausbreitungsbeständigkeit auf, während hochreines Molybdänblech ($\geq 99,95 \%$) aufgrund weniger Verunreinigungen an den Korngrenzen eine bessere Ermüdungsleistung aufweist. Dotierte Legierungen wie TZM können die Lebensdauer der Ermüdung durch Ausscheidungsverfestigung weiter erhöhen. Im Produktionsprozess wird die Ermüdungsbeständigkeit durch die Optimierung von Walz- und Oberflächenbehandlungsprozessen verbessert, wie z. B. das Polieren von Oberflächen ($R_a \leq 0,4 \text{ Mikrometer}$), um den Entstehungspunkt von Oberflächenmikrorissen zu reduzieren, und das spannungsarme Glühen ($1100-1300^\circ\text{C}$), um Eigenspannungen zu reduzieren und die Lebensdauer der Ermüdung zu verlängern. Die Ermüdungsbeständigkeit von Molybdänblechen eignet sich hervorragend für die Luft- und Raumfahrt (z. B. Unterstützung von Turbinenschaufeln) und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Umgebungen mit hohen Temperaturen (z. B. Komponenten für Kernreaktoren) und ist in der Lage, langfristigen zyklischen Belastungen ohne Ausfall standzuhalten.

2.3 Chemische Eigenschaften von Molybdänblechen

Die chemischen Eigenschaften von Molybdänblechen, einschließlich Korrosionsbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit, bestimmen ihre Eignung in rauen chemischen Umgebungen. Aufgrund seiner stabilen chemischen Eigenschaften und geringen Reaktivität weist Molybdänmetall eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit in nicht oxidierenden Säuren, Laugen und einer Vielzahl chemischer Medien auf, wobei besonderes Augenmerk auf seinen Oberflächenschutz in oxidierenden Atmosphären gelegt werden sollte. Die Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblechen wird im Folgenden ausführlich diskutiert und mit Expertendaten kombiniert, um zu zeigen, wie sie sich in chemischen Umgebungen verhalten.

2.3.1 Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen

Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen ist ein wichtiger Vorteil in der chemischen Industrie und in extremen Umgebungen, insbesondere in nicht oxidierenden Säuren und alkalischen Umgebungen. Molybdänbleche haben eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegenüber nicht oxidierenden Säuren wie Salzsäure, Schwefelsäure und Flusssäure, z.B. bei einer Konzentration von 10% Salzsäure (20°C) beträgt die Korrosionsrate weniger als 0,01 mm/Jahr, was viel besser ist als bei Edelstahl (ca. 0,1 mm/Jahr). In alkalischen Umgebungen wie Natronlauge schneiden Molybdänbleche mit Korrosionsraten von unter 0,005 mm/Jahr ebenfalls gut ab. Dies ist auf die chemisch inerte Natur und das hohe Elektrodenpotenzial von Molybdänmetall zurückzuführen, wodurch es weniger anfällig für elektrochemische Reaktionen mit nichtoxidierenden Medien ist. Unter den oxidierenden Säuren (z. B. konzentrierte Salpetersäure) weisen Molybdänbleche jedoch aufgrund der Bildung löslicher Molybdate eine schlechte Korrosionsbeständigkeit auf. Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen hängt eng mit ihrer Oberflächenbeschaffenheit und Reinheit zusammen, hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) haben aufgrund weniger Verunreinigungen eine geringe Korrosionsneigung an Korngrenzen, während das Polieren oder Beizen der Oberfläche ($Ra \leq 0,4$ Mikrometer) den Korrosionspunkt weiter reduzieren kann. In der Produktion wird die Korrosionsbeständigkeit durch optimierte Reinigungsprozesse und Oberflächenbehandlungen, wie z.B. die Entfernung von Sauerstoff- und Stickstoffverunreinigungen durch Vakuumsintern oder die Entfernung von Oberflächenoxiden durch Laugewäsche, erhöht. Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen macht es weit verbreitet in chemischen Reaktorauskleidungen, Elektrodenmaterialien und in der Schiffstechnik.

2.3.2 Oxidationsbeständigkeit von Molybdänplatten

Die Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblech ist der limitierende Faktor seiner chemischen Eigenschaften in einer Hochtemperaturumgebung, da Molybdänmetall dazu neigt, in einer oxidierenden Atmosphäre flüchtige Oxide zu bilden. Bei Temperaturen unter 600 °C kann sich auf der Oberfläche des Molybdänblechs eine dünne und dichte Oxidschicht (z. B. MoO_2) bilden, um einen gewissen Schutz zu

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

bieten, aber oberhalb von 600 °C oxidiert Molybdän schnell und bildet flüchtiges Molybdäntrioxid (MoO_3). Die Verdampfungsrate kann bei 800 °C 0,1 g/cm²·h erreichen, was zu einem schnellen Materialverlust führt. Diese Eigenschaft schränkt die Verwendung von Molybdänplatten in oxidierenden Atmosphären für Hochtemperaturanwendungen ein, oft unter dem Schutz von Vakuum oder Inertgasen wie Argon oder Stickstoff, um Oxidationsverluste zu vermeiden. Im Vakuum wird die Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblechen deutlich verbessert und die Oberfläche bleibt auch bei 1500 °C stabil. Die Oxidationsbeständigkeit wird durch die Reinheit und Oberflächenbehandlung des Molybdänblechs beeinflusst, und das hochreine Molybdänblech ($\geq 99,95\%$) hat aufgrund weniger Verunreinigungen eine geringere Oxidationsrate, während die dotierte Legierung (z. B. TZM) die Oxidationsbeständigkeit durch Zugabe von Titan und Zirkonium leicht verbessern kann. In der Produktion wird die Oxidationsbeständigkeit durch Oberflächenbeschichtungen (z. B. Silizid- oder Aluminiumoxidbeschichtungen) oder durch Vakuumglühverfahren, z. B. bei 1200 °C, optimiert, um die Adsorption von Oberflächensauerstoff zu reduzieren. Die Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblechen schränkt den direkten Einsatz in Luftumgebungen mit hohen Temperaturen ein, aber seine Hochtemperaturstabilität macht es ideal für Vakuumöfen, die Halbleiterherstellung und die Nuklearindustrie.

2.4 CTIA GROUP LTD Molybdänblech Sicherheitsdatenblatt

Als hochreines Metall ist das Sicherheitsdatenblatt (MSDS) oder Sicherheitsdatenblatt (SDB) ein wichtiges Dokument, um seine sichere Verwendung, Lagerung und seinen Transport zu gewährleisten, und erfüllt die Anforderungen des Internationalen Harmonisierten Systems zur Einstufung und Kennzeichnung gefährlicher Chemikalien (GHS). Obwohl Molybdänplatten selbst unter normalen Bedingungen als ungefährlich gelten, enthält das Sicherheitsdatenblatt detaillierte Informationen über physikalisch-chemische Eigenschaften, Gesundheits- und Umweltrisiken, Richtlinien für einen sicheren Betrieb und Notfallmaßnahmen zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit und -einhaltung. Im Folgenden wird der Sicherheitsdatenblattgehalt von CTIA GROUP LTD Molybdänblech unter den Aspekten physikalische und chemische Eigenschaften, Gesundheits- und Umweltauswirkungen, Betrieb und Lagerung, Schutzmaßnahmen und Notfallbehandlung erläutert.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Molybdänplatten der CTIA GROUP LTD sind der Kernbestandteil des Sicherheitsdatenblatts und liefern den Benutzern grundlegende physikalische und chemische Informationen über Materialien. Seine chemische Zusammensetzung besteht aus hochreinem Molybdän (Reinheit $\geq 99,95\%$), chemischem Symbol Mo, Ordnungszahl 42, Dichte von ca. 10,22 g/cm³ (20 °C), Schmelzpunkt von ca. 2620 °C, Siedepunkt von ca. 4639 °C. Molybdänbleche haben einen silbergrauen metallischen Glanz und sind in der Regel in Form von Flocken oder Folien mit Dicken von 0,01 mm bis 3 mm erhältlich. Oberflächenbehandlungen wie Polieren oder Beizen beeinflussen ihr Aussehen und ihre Rauheit (Ra 0,4-1,6 Mikrometer). Molybdänplatten sind bei Raumtemperatur chemisch stabil, in Wasser unlöslich und haben eine geringe Reaktivität mit nichtoxidierenden Säuren (wie Salzsäure, Schwefelsäure) und alkalischen Lösungen, sind jedoch anfällig für flüchtiges Molybdäntrioxid (MoO_3) in einer oxidierenden Hochtemperaturatmosphäre (>600 °C). Das Sicherheitsdatenblatt besagt eindeutig, dass der Flammpunkt und der Selbstentzündungspunkt von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Molybdänblechen nicht anwendbar sind, da es sich um feste Metalle handelt, die unter normalen Bedingungen keine Explosions- oder Entflammbarkeitsgefahr darstellen. Diese Eigenschaften bilden die Grundlage für einen sicheren Betrieb und stellen sicher, dass sich die Benutzer ihres physikalischen Verhaltens und möglicher chemischer Reaktionen bewusst sind.

Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt sind wichtige Bestandteile des Sicherheitsdatenblatts, das darauf abzielt, die potenziellen Risiken von Molybdänplatten für Mensch und Umwelt zu bewerten. Molybdäntabletten stellen unter normalen Anwendungsbedingungen keine signifikante Gesundheitsgefahr für den Menschen dar, ihre Toxizität ist äußerst gering und Daten zur akuten oralen Toxizität (LD50) liegen im Allgemeinen nicht vor, da reines Molybdän nicht als giftiger Stoff gilt. Molybdänstaub oder -dämpfe können jedoch während der Verarbeitung entstehen, z. B. beim Schneiden, Schleifen oder Schweißen, das Einatmen hoher Staubkonzentrationen kann zu leichten Atemwegsreizungen führen, und eine langfristige Exposition kann zu Lungenbeschwerden führen. MSDS empfiehlt, das Einatmen von Staub zu vermeiden und für eine gute Belüftung des Arbeitsplatzes zu sorgen. Haut- und Augenkontakt mit Molybdänplatten ist in der Regel unbedenklich, scharfe Kanten können jedoch mechanische Kratzer verursachen und sollten sicher behandelt werden. Aus ökologischer Sicht besteht für Molybdänplatten selbst kein direktes Risiko einer Verschmutzung von Wasser, Boden und Luft, aber der bei der Verarbeitung anfallende Molybdänstaub oder -abfall kann Auswirkungen auf die lokale Umwelt haben, wenn er nicht ordnungsgemäß behandelt wird. Das Sicherheitsdatenblatt betont, dass Molybdänplattenabfälle gemäß den lokalen Vorschriften sortiert und recycelt werden sollten und eine direkte Einleitung in die Umwelt vermieden werden sollte, um die Anforderungen des Umweltschutzes zu erfüllen.

Die sichere Handhabung und Lagerung ist ein wichtiger Bestandteil des Sicherheitsdatenblatts, um die sichere Verwendung von Molybdänplatten am Arbeitsplatz zu gewährleisten. Die Molybdänplatten der CTIA GROUP LTD sollten in einer trockenen und gut belüfteten Umgebung gelagert werden, wobei hohe Temperaturen (>600 °C) und oxidierende Atmosphäre vermieden werden sollten, um eine Oberflächenoxidation zu verhindern. Der Lagerbereich sollte von starken Oxidationsmitteln (z. B. konzentrierte Salpetersäure) oder Hochtemperatur-Zündquellen ferngehalten werden, da Molybdän bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff zu MoO_3 reagieren kann. Das Sicherheitsdatenblatt empfiehlt die Verwendung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (PSA) wie Schutzhandschuhe, Schutzbrillen und Staubmasken, insbesondere beim Schneiden, Schleifen oder Schweißen, um das Einatmen von Staub oder mechanische Verletzungen zu verhindern. Beim Betrieb des Geräts sollte ein lokales Abluftsystem ausgestattet werden, um sicherzustellen, dass die Staubkonzentrationen unter den Arbeitsplatzgrenzwerten liegen (z. B. OSHA PEL oder ACGIH TLV, der empfohlene Expositionsgrenzwert für Molybdänstaub liegt bei ca. 10 mg/m^3). Was den Transport betrifft, so fallen Molybdänbleche nicht unter die Kategorie der gefährlichen Güter der International Maritime Dangerous Goods (IMDG) oder der International Air Transport Association (IATA), aber sie müssen ordnungsgemäß verpackt werden, um physische Schäden oder Verunreinigungen zu vermeiden. MSDS empfiehlt außerdem, die Lagereinrichtungen regelmäßig zu inspizieren, um sicherzustellen, dass keine Feuchtigkeit oder hohe Temperaturen die Materialeigenschaften beeinträchtigen können.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Notfallmaßnahmen sind ein weiteres Kernelement des Sicherheitsdatenblatts und bieten eine Orientierungshilfe für eine schnelle Reaktion auf unerwartete Situationen. Im Falle des Einatmens von Staub durch die Verarbeitung von Molybdänplatten empfiehlt das Sicherheitsdatenblatt, die betroffenen Personen an die frische Luft zu bringen und bei anhaltenden Symptomen einen Arzt aufzusuchen. Wenn die Haut mit der Molybdänschicht in Berührung kommt und Kratzer verursacht, sollte die Wunde sofort mit Wasser gespült und eine entsprechende Wundbehandlung durchgeführt werden. Wenn Molybdänstaub in Ihre Augen gelangt, spülen Sie ihn mindestens 15 Minuten lang mit viel Wasser aus und suchen Sie ärztlichen Rat ein. Im Brandfall ist das Molybdänblech selbst nicht brennbar, aber wenn eine Hochtemperaturoxidation im Spiel ist, sollte trockenes Pulver oder Kohlendioxid-Löschmittel verwendet werden, und Löschmittel auf Wasserbasis sollte vermieden werden, um eine Intensivierung der Reaktion zu verhindern. Für Verschüttungen oder die Abfallentsorgung verlangt das Sicherheitsdatenblatt die Verwendung von Staubsaugern oder Nassreinigungsmethoden, um Molybdänstaub zu sammeln, um flüchtigen Staub zu vermeiden, und den Abfall zur Entsorgung an eine autorisierte Recyclinganlage zu senden, und verbietet die Entsorgung. Zu den Notfallkontakinformationen gehören in der Regel die Notrufnummer und die Adresse des Herstellers für den Fall eines Unfalls.

Das Sicherheitsdatenblatt von Molybdän-Chips der CTIA GROUP LTD muss auch internationalen und regionalen regulatorischen Anforderungen entsprechen, wie z. B. der OSHA-Norm für Gefahrenkommunikation (29 CFR 1910.1200), der EU-REACH-Verordnung (EG Nr. 1907/2006) und der chinesischen Norm GB/T 16483-2008. Das Dokument ist in 16 Abschnitte des GHS-Standards unterteilt, darunter Stoffidentifizierung, Gefahreinstufung, Informationen zu Inhaltsstoffen, Erste-Hilfe-Maßnahmen, Brandschutzmaßnahmen, Notfallmaßnahmen bei Verschüttungen, Betrieb und Lagerung, Expositionskontrolle, physikalisch-chemische Eigenschaften, Stabilität und Reaktivität, toxikologische Informationen, ökologische Informationen, Entsorgungsinformationen, Transportinformationen, regulatorische Informationen und andere Informationen. Das Sicherheitsdatenblatt muss alle drei Jahre aktualisiert oder überarbeitet werden, wenn neue Gefahreninformationen verfügbar werden, um die Genauigkeit und Einhaltung der Vorschriften zu gewährleisten. Benutzer können die neuesten Sicherheitsdatenblätter über die offizielle Website von CTIA GROUP LTD erhalten oder sich an den Kundendienst wenden, um sicherzustellen, dass der Betrieb den Vorschriften für Arbeitssicherheit und Umweltschutz entspricht.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

Molybdenum sheet is a thin metal sheet made from high-purity molybdenum through rolling processes. It features excellent high-temperature resistance, thermal conductivity, and mechanical strength. It is widely used in electronics, metallurgy, vacuum equipment, aerospace, and lighting industries as heating elements, thermal shields, or structural components. With a smooth surface and precise dimensions, molybdenum sheets can be customized in various specifications to meet the requirements of advanced manufacturing and scientific research equipment.

2. Features of Molybdenum Sheet

High Purity Material: Purity $\geq 99.95\%$, with extremely low impurity levels

High-Temperature Resistance: Melting point up to 2610°C , stable performance in extreme conditions

Excellent Workability: High flatness, smooth surface, easy to punch, shear, and weld

Customizable Specifications: Various sizes and thicknesses available to suit different processes

3. Specifications of Molybdenum Sheet

Parameter	Specification
Purity	$\geq 99.95\%$
Thickness	0.01 mm - 3.00 mm
Width	50 mm - 600 mm
Length	Custom lengths or supplied in coil
Surface Finish	Polished, Alkali-cleaned, Sandblasted
Thickness Tolerance	± 0.005 mm - ± 0.2 mm
Surface Roughness	Ra 0.8 μm – Ra 3.2 μm

4. Production Process

Molybdenum Ingot (Raw Material) \rightarrow Inspection \rightarrow Hot Rolling \rightarrow Leveling & Annealing \rightarrow Alkali Cleaning \rightarrow Inspection \rightarrow Warm Rolling \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Cold Rolling \rightarrow Leveling \rightarrow Shearing \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Packaging

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 3 Klassifizierung von Molybdänblechen

Molybdänbleche werden auf verschiedene Weise klassifiziert, in der Regel basierend auf ihrer Reinheit, Legierungszusammensetzung, Verarbeitungstechnologie oder Anwendungsszenarien, um den Anforderungen verschiedener Industriesektoren gerecht zu werden. Die Reinheit ist eine der wichtigsten Grundlagen für die Klassifizierung von Molybdänblechen, da die Reinheit direkt ihre physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften beeinflusst und dann ihre Anwendbarkeit in den Bereichen Hochtemperatur, Elektronik, Luft- und Raumfahrt und anderen Bereichen bestimmt. Mit seiner hohen Qualität und seinen diversifizierten Klassifizierungsstandards ist das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD auf dem Markt weit verbreitet. Im Folgenden wird die Klassifizierung von Molybdänblechen nach Reinheit betrachtet und die Eigenschaften, Herstellungsprozesse und Anwendungsszenarien von hochreinen Molybdänblechen ($\geq 99,95\%$ Reinheit) und Molybdänblechen mit gewöhnlicher Reinheit ($99\% - 99,9\%$ Reinheit) detailliert analysiert.

3.1 Klassifizierung von Molybdänblechen nach Reinheit

Die Klassifizierung nach Reinheit ist eine der gebräuchlichsten Sortiermethoden für Molybdänbleche, die in der Regel in hochreine Molybdänbleche (Reinheit $\geq 99,95\%$) und Molybdänbleche mit gewöhnlicher Reinheit (Reinheit $99\% - 99,9\%$) unterteilt werden, basierend auf dem Reinheitsgrad des Molybdänmetalls. Der Unterschied in der Reinheit ist hauptsächlich auf die Kontrolle von Verunreinigungen im Rohstoffreinigungsprozess und Produktionsprozess zurückzuführen, die sich auf die Leistungsparameter von Molybdänblechen wie elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität auswirken. Molybdänbleche unterschiedlicher Reinheit unterscheiden sich erheblich in Bezug auf Produktionsprozess, Kosten und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anwendungsbereiche, wobei hochreine Molybdänbleche typischerweise in hochpräzisen und anspruchsvollen Umgebungen verwendet werden, während Molybdänbleche mit normaler Reinheit eher für kostensensible Allzweckszszenarien geeignet sind.

3.1.1 Hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95$ % Reinheit)

Hochreine Molybdänbleche beziehen sich auf dünne Blechmaterialien mit einem Molybdänmetallgehalt von 99,95 % oder mehr, die in der Regel durch einen mehrstufigen Reinigungsprozess aus Molybdänit (MoS_2) gewonnen werden und eine fortschrittliche Vakuumschmelz- oder Elektronenstrahlraffinationstechnologie verwenden, um Verunreinigungen wie Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff zu entfernen. Der Gehalt an Verunreinigungen ist sehr gering (Gesamtverunreinigungen < 500 ppm), und der Gehalt an Elementen wie Eisen, Nickel und Silizium wird in der Regel innerhalb von 10-50 ppm kontrolliert. Diese hohe Reinheit verleiht Molybdänblechen hervorragende elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften, wie z. B. einen spezifischen Widerstand von nur $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, die Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ und die Zugfestigkeit kann bei Raumtemperatur 800-1000 MPa erreichen. Auch die Oberflächenqualität des hochreinen Molybdänblechs ist besser, und die Oberflächenrauheit kann nach dem Polieren oder Beizen bis zu Ra 0,4 Mikrometer betragen, wodurch es für hochpräzise Anwendungen geeignet ist. Während des Produktionsprozesses müssen hochreine Molybdänbleche gesintert ($1800-2000 \text{ }^\circ\text{C}$) und in einem Vakuum oder einem hochreinen Inertgas (z. B. Argon) gewalzt werden, um Oxidation und das Einbringen von Verunreinigungen zu verhindern. Der Glühprozess ($1100-1300^\circ\text{C}$) optimiert das Korngefüge weiter und verbessert die Duktilität und Zähigkeit. Typische Anwendungen für hochreine Molybdänbleche sind das Sputtern von Targets für die Halbleiterindustrie zum Abscheiden hochpräziser dünner Schichten; Hochtemperaturkomponenten in der Luft- und Raumfahrt, wie z. B. Auskleidungen von Raketendüsen; und Strahlenschutzmaterialien in der Nuklearindustrie, die aufgrund ihres geringen Verunreinigungsgehalts die Neutronenfängerschnitte reduzieren. Darüber hinaus eignen sich hochreine Molybdänbleche auch gut für Röntgenröhrenanoden und die thermische Abschirmung von Hochtemperatur-Vakuumöfen, mit einem hohen Schmelzpunkt ($2620 \text{ }^\circ\text{C}$) und einem niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten ($4,8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), der die Stabilität unter extremen Bedingungen gewährleistet. Aufgrund der hohen Aufbereitungskosten von hochreinen Molybdänplatten und der komplexen Reinigungs- und Verarbeitungsprozesse werden sie jedoch hauptsächlich in High-End-Anwendungen eingesetzt.

3.1.2 Molybdänbleche mit normaler Reinheit (Reinheit von 99 % - 99,9 %)

Molybdänbleche mit gewöhnlicher Reinheit beziehen sich auf Lamellenmaterialien mit einem Molybdängehalt zwischen 99 % und 99,9 %, und ihr Verunreinigungsgehalt ($1000-10.000$ ppm) ist höher als der von hochreinen Molybdänblechen, und zu den üblichen Verunreinigungen gehören Eisen, Nickel, Kohlenstoff, Sauerstoff usw., und der Gehalt kann im Bereich von 100-500 ppm liegen. Die Leistung von Molybdänblechen mit gewöhnlicher Reinheit ist etwas geringer als die von hochreinen Molybdänblechen, z. B. ist der spezifische Widerstand etwas höher (etwa $5,5-6,0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$), die Wärmeleitfähigkeit ist etwas geringer (ca. $130-135 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) und die Zugfestigkeit beträgt 700-900 MPa bei Raumtemperatur. Dennoch ist seine Leistung für viele industrielle Anforderungen ausreichend, und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

seine Produktionskosten sind niedrig, wodurch es sich für die Großproduktion und kostensensible Anwendungen eignet. Der Herstellungsprozess von Molybdänblechen mit gewöhnlicher Reinheit ist relativ vereinfacht, und die herkömmliche Pulvermetallurgietechnologie wird normalerweise verwendet, um Molybdänoxid (MoO_3) durch Rösten von Molybdänit zu erhalten, das dann durch Wasserstoff zu Molybdänpulver reduziert wird, das dann gesintert und gewalzt wird. Der Sinterprozess kann unter Wasserstoffschutz (1600-1800 °C) durchgeführt werden, um das Oxidationsrisiko zu verringern, aber die Anforderungen an die Verunreinigungskontrolle sind nicht so streng wie bei hochreinen Molybdänplatten. Die Oberflächenbehandlung ist meist gebeizt oder sandgestrahlt, und die Oberflächenrauheit liegt im Allgemeinen zwischen 0,8 und 1,6 Mikrometern, was den Anforderungen allgemeiner Anwendungen entspricht. Molybdänbleche mit gewöhnlicher Reinheit werden häufig zur thermischen Abschirmung von Hochtemperaturöfen, zur korrosionsbeständigen Auskleidung chemischer Geräte und zu Elektrodenmaterialien mit geringer Präzision in der Elektronikindustrie verwendet. In einem resistiven Heizofen werden beispielsweise Molybdänbleche mit gewöhnlicher Reinheit als Heizelemente oder Stützstrukturen verwendet, um hohen Temperaturen von 1000-1500 °C standzuhalten. Bei einigen mechanischen Komponenten ist es aufgrund seiner moderaten Festigkeit und Duktilität auch eine wirtschaftliche Wahl. Obwohl Molybdänbleche mit normaler Reinheit hochreinen Molybdänblechen in Bezug auf Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität etwas unterlegen sind, haben sie in nicht oxidierenden Umgebungen oder Szenarien mit mittleren Präzisionsanforderungen erhebliche kosteneffektive Vorteile.

3.2 Einteilung von Molybdänblechen nach dem Herstellungsprozess

Der Herstellungsprozess von Molybdänblech hat einen wichtigen Einfluss auf seine Eigenschaften, seine Mikrostruktur und seine Anwendungsszenarien, daher ist die Klassifizierung nach Herstellungsprozess eine weitere wichtige Methode zur Klassifizierung von Molybdänblechen. Der Herstellungsprozess umfasst hauptsächlich die Pulvermetallurgie und das Walzverfahren, wobei der Walzprozess weiter in zwei Arten unterteilt wird: Warmwalzen und Kaltwalzen. Molybdänbleche, die nach verschiedenen Verfahren hergestellt werden, weisen erhebliche Unterschiede in der Kornstruktur, Oberflächenqualität, den mechanischen Eigenschaften und Kosten usw. auf, um den vielfältigen Anforderungen der Hochtemperaturindustrie an die Präzisionselektronik gerecht zu werden. Durch die Optimierung des Herstellungsprozesses stellt CTIA GROUP LTD Molybdänblech sicher, dass die Produktleistung den Anforderungen spezifischer Anwendungsszenarien entspricht. Im Folgenden werden die Prozesseigenschaften, die Leistungsfähigkeit und die Anwendungsbereiche von Molybdänblechen, warmgewalzten Molybdänblechen und kaltgewalzten Molybdänblechen, die durch Pulvermetallurgie hergestellt werden, ausführlich erörtert.

3.2.1 Pulvermetallurgisch hergestellte Molybdänbleche

Die Pulvermetallurgie ist das grundlegende Verfahren zur Herstellung von Molybdänblechen, das sich für die Herstellung von Molybdänblechen mit hoher Reinheit und komplexen Formen eignet. Das Verfahren umfasst die Extraktion von Molybdänoxid (MoO_3) aus Molybdänit (MoS_2), das durch Wasserstoff zu hochreinem Molybdänpulver (Reinheit $\geq 99,95\%$) reduziert wird, das anschließend

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

gepresst, gesintert und anschließend verarbeitet wird. Molybdänpulver wird in der Regel unter hohem Druck (100-200 MPa) in einen Knüppel gepresst und unter Vakuum- oder Wasserstoffschutzatmosphäre (Temperatur 1800-2000 °C) gesintert, um einen dichten Molybdänknüppel zu bilden. Während des Sinterprozesses werden die Molybdänpulverpartikel durch Diffusion verbunden, und die Korngröße wird normalerweise auf 10-50 Mikrometer kontrolliert, und die Dichte kann mehr als 98% erreichen. Pulvermetallurgisch hergestellte Molybdänbleche weisen ein gleichmäßiges Gefüge und eine hohe Reinheit auf, und der Verunreinigungsgehalt (z. B. Sauerstoff, Kohlenstoff) kann innerhalb von 50 ppm gesteuert werden, wodurch sie für hochpräzise Anwendungen geeignet sind. Die Dichte des resultierenden Molybdänblechs liegt nahe am theoretischen Wert (10,22 g/cm³), die Zugfestigkeit beträgt bei Raumtemperatur etwa 700-900 MPa und die Oberflächenrauheit (Ra 0,8-1,6 Mikrometer) kann durch anschließendes Polieren optimiert werden. Der Vorteil des pulvermetallurgischen Verfahrens ist die Möglichkeit, ultradünne Molybdänbleche (0,01-0,1 mm dick) sowie kundenspezifisch geformte Rohlinge herzustellen, die sich für das Sputtern von Targets in der Halbleiterindustrie und die thermische Abschirmung in Hochtemperaturöfen eignen. Die hohen Kosten dieses Verfahrens und die lange Zykluszeit schränken jedoch seinen Einsatz in großen, kostengünstigen Anwendungen ein. Pulvermetallurgisch hergestellte Molybdänbleche werden in der Elektronik-, Nuklear- und Luft- und Raumfahrtindustrie häufig eingesetzt, zum Beispiel als Anodenmaterialien für Röntgenröhren oder als Komponenten von Hochtemperatur-Vakuumöfen.

3.2.2 Warmgewalzte Molybdänbleche, hergestellt im Walzverfahren

Beim Warmwalzverfahren werden Molybdänbleche mit einer Dicke von 0,5-3 mm durch Walzen von Molybdänknüppeln bei hohen Temperaturen (in der Regel 1000-1400°C) hergestellt. Der Warmwalzprozess wird in der Regel unter Vakuum oder unter dem Schutz eines Inertgases wie Argon durchgeführt, um die Oxidation von Molybdän bei hohen Temperaturen zu verhindern. Molybdänknüppel werden zunächst pulvermetallurgisch aufbereitet und dann in mehreren Durchgängen in einem Hochtemperaturwalzwerk mit einer kontrollierten Verformung von jeweils 20-30 % gewalzt, um die Kornstruktur allmählich zu verdünnen und zu verbessern.

Warmgewalzte Molybdänbleche haben eine größere Korngröße (50-100 Mikrometer) und werden durch die Hochtemperaturverarbeitung rekristallisiert, was ihnen eine gute Duktilität (Bruchdehnung von ca. 10-15%) und eine geringe innere Spannung verleiht. Die Zugfestigkeit von warmgewalztem Molybdänblech beträgt bei Raumtemperatur etwa 600-800 MPa, was etwas niedriger ist als die von kaltgewalztem Molybdänblech, aber seine Hochtemperaturfestigkeit (etwa 500 MPa bei 1000 °C) ist ausgezeichnet und es ist für Hochtemperaturumgebungen geeignet. In Bezug auf die Oberflächenqualität beträgt die Oberflächenrauheit von warmgewalztem Molybdänblech in der Regel Ra 1,0-2,0 Mikrometer, was durch Beizen oder Sandstrahlen optimiert werden kann. Der Vorteil des Warmwalzverfahrens besteht darin, dass es eine hohe Produktionseffizienz aufweist, für die Herstellung dickerer Molybdänbleche geeignet ist und die Kosten niedriger sind als bei der Pulvermetallurgie, aber die Genauigkeit der Dickenkontrolle ($\pm 0,05$ mm) ist der des Kaltwalzverfahrens etwas unterlegen. Warmgewalzte Molybdänbleche werden häufig in Heizelementen für Hochtemperaturöfen, Strukturteilen für die Luft- und Raumfahrt (z. B. Turbinenschaufeln) und korrosionsbeständigen Auskleidungen für chemische

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anlagen verwendet, wo sie aufgrund ihrer Kombination aus Festigkeit und Hochtemperaturstabilität die Anforderungen an mäßige Präzision und Haltbarkeit erfüllen.

3.2.3 Kaltgewalzte Molybdänbleche, hergestellt im Walzverfahren

Das Kaltwalzverfahren ist das weitere Walzen von Molybdänknüppeln oder warmgewalzten Molybdänblechen bei oder nahe Raumtemperatur zur Herstellung ultradünner Molybdänbleche mit einer Dicke von typischerweise 0,01-1 mm. Der Kaltwalzprozess wird durch ein hochpräzises Walzwerk erreicht, und der Grad der Verformung wird jedes Mal auf 10-20 % kontrolliert, um übermäßige Spannungen und Rissbildung zu vermeiden. Die Korngröße von kaltgewalztem Molybdänblech ist klein (5-20 Mikrometer), und aufgrund des signifikanten Kaltverfestigungseffekts nimmt die Versetzungsdichte zu, so dass seine Zugfestigkeit bei Raumtemperatur 900-1200 MPa erreichen kann, was viel höher ist als die von warmgewalztem Molybdänblech. Kaltgewalzte Molybdänbleche haben jedoch eine geringe Duktilität (Bruchdehnung von ca. 5-8%), und es ist oft notwendig, die Zähigkeit durch Spannungsarmglühen (800-1100°C) zu verbessern, und die Festigkeit wird nach dem Glühen leicht auf 800-1000 MPa reduziert, aber die Bruchdehnung kann auf 10-12% erhöht werden. Die Oberflächenqualität von kaltgewalztem Molybdänblech ist ausgezeichnet, die Oberflächenrauheit kann nach dem Polieren nur Ra 0,4 Mikrometer betragen, und die Dickentoleranz wird innerhalb von $\pm 0,005$ mm kontrolliert, was den Anforderungen hochpräziser Anwendungen entspricht.

Der Vorteil des Kaltwalzverfahrens besteht darin, dass ultradünne, hochfeste Molybdänbleche hergestellt werden können, die sich für hochpräzise Sputtertargets, Halbleiter-Packaging-Substrate und flexible elektronische Bauteile in der Elektronikindustrie eignen. Der Kaltwalzprozess ist jedoch sehr anspruchsvoll, und die Schmierung und Temperatur während des Verarbeitungsprozesses müssen streng kontrolliert werden, um Oberflächenfehler oder Risse zu vermeiden. Kaltgewalzte Molybdänbleche werden aufgrund ihrer hohen Festigkeit, hervorragenden Oberflächenqualität und Maßgenauigkeit häufig in der Dünnschichtabscheidung, in der Mikroelektronik und in medizinischen Geräten (z. B. Röntgenröhrenbaugruppen) eingesetzt, was sie zum Material der Wahl für die High-End-Fertigung macht.

3.3 Klassifizierung von Molybdänblechen nach Anwendungsbereichen

Die vielfältigen Eigenschaften von Molybdänblechen machen sie in vielen Industriebereichen weit verbreitet und können je nach Anwendungsszenario in elektronische Bereiche, metallurgische Industrien, chemische Bereiche, Luft- und Raumfahrtbereiche und andere Bereiche unterteilt werden. Unterschiedliche Anwendungen erfordern unterschiedliche Reinheitsgrade, Dicken, Oberflächenqualitäten und Leistungen für Molybdänbleche, was die Hersteller dazu veranlasst, ihre Produktionsprozesse zu optimieren, um spezifische Anforderungen zu erfüllen. Mit seiner hohen Qualität und seinen Anpassungsmerkmalen hat sich das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD in verschiedenen Bereichen gut bewährt. Im Folgenden werden die Anwendungseigenschaften, Leistungsanforderungen und typischen Anwendungen von Molybdänblechen in der Elektronik, metallurgischen Industrie, chemischen Industrie, Luft- und Raumfahrt und anderen Bereichen ausführlich erörtert.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3.1 Molybdänbleche, die im elektronischen Bereich verwendet werden

Im Bereich der Elektronik sind Molybdänbleche für ihre hervorragende elektrische Leitfähigkeit (spezifischer Widerstand ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$), Wärmeleitfähigkeit (ca. $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) und niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) bekannt, insbesondere in der Halbleiterfertigung und bei mikroelektronischen Bauelementen. Hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95 \%$) werden im Elektronikbereich aufgrund ihres geringen Verunreinigungsgehalts bevorzugt, um den Korngrenzwiderstand und die Gasemissionen zu reduzieren und die Zuverlässigkeit des Geräts zu gewährleisten.

Molybdänplatten werden häufig in Sputtertargets verwendet, um leitfähige Schichten für Dünnschichttransistoren (TFTs), Solarzellen und integrierte Schaltkreise herzustellen, typischerweise mit einer Dicke von 0,01 bis 0,1 mm und einer Oberflächenrauheit von nur 0,4 Mikrometern, um die Gleichmäßigkeit der Schicht zu gewährleisten. Darüber hinaus werden Molybdänplatten als Wärmeableitungssubstrate in elektronischen Gehäusen verwendet und sind mit Silizium kompatibel (Wärmeausdehnungskoeffizient von etwa $2,6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$). Es hat eine gute thermische Übereinstimmung mit keramischen Materialien, wodurch die thermische Belastung effektiv reduziert und die Lebensdauer des Chips verlängert werden kann. In Röntgenröhren werden Molybdänbleche aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts (2620°C) und ihrer guten elektrischen Leitfähigkeit als Anoden- oder Trägermaterial verwendet, um einem hochenergetischen Elektronenbeschuss standzuhalten. In der Produktion müssen Molybdänbleche im Elektronikbereich kaltgewalzt und vakuumgeglüht ($1100\text{-}1300^\circ\text{C}$) werden, um eine hohe Präzision und Oberflächenqualität zu gewährleisten. Diese Eigenschaften von Molybdänblechen machen sie in der Halbleiter-, Display- und Optoelektronikindustrie unverzichtbar.

3.3.2 Molybdänbleche, die in der metallurgischen Industrie verwendet werden

In der metallurgischen Industrie werden Molybdänbleche mit ihrem hohen Schmelzpunkt (2620°C) und ihrer hervorragenden Hochtemperaturfestigkeit (Zugfestigkeit von ca. 700 MPa bei 1200°C) hauptsächlich in Komponenten von Hochtemperaturöfen und Schmelzanlagen verwendet. Molybdänbleche mit gewöhnlicher Reinheit ($99\%\text{-}99,9\%$) werden aufgrund ihrer geringen Kosten häufig bei der Herstellung von Hitzeschilden, Heizelementen und Tiegelauskleidungen verwendet, und der Dickenbereich beträgt normalerweise $0,5\text{-}3 \text{ mm}$. Aufgrund seiner guten Duktilität (Bruchdehnung von ca. $10\%\text{-}15\%$) und der geringen Eigenspannung eignet sich warmgewalztes Molybdänblech für die Bearbeitung komplexer Formbauteile in Hochtemperaturöfen. Unter Vakuum oder inerter Atmosphäre (z. B. Argon oder Stickstoff) können Molybdänbleche hohen Temperaturen über 1500°C ohne Verformung standhalten und werden häufig in Hochtemperatur-Sinteröfen, Einkristallzüchtungsöfen und Glasschmelzanlagen eingesetzt. Die Kriechbeständigkeit von Molybdänblechen bei hohen Temperaturen (Kriechraten von nur $10^{-6}/\text{s}$ bei 1200°C) gewährleistet die Stabilität bei langzeitigen hohen Temperaturbelastungen. Bei der Herstellung von metallurgischen Molybdänblechen werden meist pulvermetallurgische und Warmwalzverfahren verwendet, und die Oberfläche kann gebeizt werden, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. Die Verwendung von Molybdänblechen in der metallurgischen Industrie hat die Lebensdauer und Prozesseffizienz der Anlagen erheblich verbessert, z.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

B. als Schlüsselkomponente beim Schmelzen von Wolfram, Molybdän und anderen Refraktärmetallen.

3.3.3 Molybdänbleche, die in der chemischen Industrie verwendet werden

In der chemischen Industrie werden Molybdänplatten aufgrund ihrer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit häufig in Reaktorauskleidungen, Elektrodenmaterialien und korrosionsbeständigen Bauteilen verwendet, insbesondere in nicht oxidierenden Säuren (wie Salzsäure, Schwefelsäure) und alkalischen Umgebungen mit einer Korrosionsrate von weniger als 0,01 mm/Jahr in 10%iger Salzsäure (20°C). Molybdänbleche mit normaler Reinheit (99%-99,9%) werden aufgrund ihrer hohen Wirtschaftlichkeit häufig in chemischen Anlagen verwendet, die Dicke beträgt im Allgemeinen 0,2-2 mm und die Oberfläche ist meist gebeizt (Ra 0,8-1,6 Mikrometer), um die Sauberkeit zu gewährleisten. Molybdänbleche werden als Elektrodenmaterialien in der elektrochemischen Industrie, zum Beispiel bei der Elektrolyse von Chlor oder Wasserstoff, eingesetzt und sind aufgrund ihrer hohen Leitfähigkeit und chemischen Stabilität resistent gegen korrosive Elektrolyte. Molybdänplatten sind jedoch anfällig für die Bildung von flüchtigem MoO₃ in oxidierenden Säuren (z. B. konzentrierter Salpetersäure) oder in oxidierenden Hochtemperaturatmosphären, die durch Oberflächenbeschichtungen (z. B. Silizide) oder in einer inerten Atmosphäre für einen verbesserten Schutz aufgetragen werden müssen. In der Produktion werden chemische Molybdänbleche durch Pulvermetallurgie und Walzverfahren optimiert, und Sauerstoff- und Stickstoffverunreinigungen (<100 ppm) werden streng kontrolliert, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. Die Verwendung von Molybdänblechen in der chemischen Industrie, wie z. B. korrosionsbeständige Reaktorauskleidungen und Rohrstützmaterialien, erhöht die Lebensdauer von Anlagen in rauen chemischen Umgebungen erheblich.

3.3.4 Molybdänbleche, die in der Luft- und Raumfahrt verwendet werden

In der Luft- und Raumfahrt werden Molybdänbleche aufgrund ihrer hohen Festigkeit (Zugfestigkeit 800-1000 MPa bei Raumtemperatur), ihres hohen Schmelzpunkts (2620 °C) und ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten ($4,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) für hochtemperaturbeständige Bauteile verwendet. Hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) oder TZM-legierte Molybdänbleche (mit Titan und Zirkonium) zeichnen sich durch hervorragende Hochtemperatureigenschaften (Zugfestigkeit bis 800 MPa bei 1500°C) und Kriechfestigkeit (Kriechgeschwindigkeit 10^{-6} aus. /s), die häufig für Raketendüsenauskleidungen, Turbinenschaufelhalterungen und thermische Abschirmungen von Wiedereintrittsfahrzeugen verwendet werden. Die geringe Dichte von Molybdänblech (10,22 g/cm³) hat einen Gewichtsvorteil gegenüber Wolfram (19,25 g/cm³), das sich für Leichtbauanforderungen in der Luft- und Raumfahrt eignet. Kaltgewalzte Molybdänbleche werden aufgrund ihrer hohen Präzision (Dickentoleranz $\pm 0,005$ mm) und Oberflächenqualität (Ra $\leq 0,4$ Mikrometer) häufig in Präzisionsbauteilen wie thermischen Kontrollsystemen von Satelliten eingesetzt. Bei der Herstellung von Molybdänblechen für die Luft- und Raumfahrt werden Vakuumsintern und Multi-Pass-Walzverfahren eingesetzt, um sicherzustellen, dass die Körner klein (5-20 Mikrometer) sind, um die Festigkeit und Zähigkeit zu verbessern. Der Einsatz von Molybdänblechen in der Luft- und Raumfahrt verbessert die Zuverlässigkeit von Bauteilen unter extrem hohen Temperaturen und mechanischen Beanspruchungen, wie z. B. in Raketentriebwerken und Hochtemperaturantrieben, erheblich.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3.5 Molybdänbleche, die in anderen Bereichen verwendet werden

In anderen Bereichen werden Molybdänplatten aufgrund ihrer Vielseitigkeit in medizinischen, energetischen und wissenschaftlichen Forschungsanwendungen eingesetzt. Im medizinischen Bereich werden hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) in Anodentargets für Röntgen- und CT-Geräte verwendet, die aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts und ihrer hohen Leitfähigkeit, typischerweise 0,1 bis 1 mm dick, einem hochenergetischen Elektronenbeschuss standhalten können, und die Oberfläche muss auf Ra 0,4 Mikrometer poliert werden, um eine gleichmäßige Strahlung zu gewährleisten. Im Energiesektor werden Molybdänbleche aufgrund ihres geringen thermischen Neutroneneinfangquerschnitts und ihrer hohen Temperaturstabilität (stabil bei 1500°C) in den Rückelektroden von solaren Dünnschichtzellen und in der Strahlenabschirmung von Kernreaktoren eingesetzt. Im Bereich der wissenschaftlichen Forschung werden Molybdänbleche häufig in materialwissenschaftlichen und physikalischen Experimenten als Probensubstrat oder Elektrodenmaterial für Hochtemperaturexperimente verwendet, und ihre Dicke kann nur 0,01 mm betragen, um den Anforderungen hochpräziser Experimente gerecht zu werden. Weitere Anwendungen sind die Schmuckverarbeitung (als Hochtemperaturwerkzeuge) und die Beleuchtungsindustrie (als Filamentstützmaterialien). In der Produktion werden diese Molybdänbleche im Kaltwalz- und Vakuumglühverfahren hergestellt, um die Kornstruktur und die Oberflächenqualität bedarfsgerecht zu optimieren. Trotz der Vielzahl der Anwendungen werden diese Molybdänplatten häufig im Vakuum oder in inerter Atmosphäre verwendet, um eine Oxidation bei hohen Temperaturen zu vermeiden und eine gleichbleibende Leistung zu gewährleisten.

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

Molybdenum sheet is a thin metal sheet made from high-purity molybdenum through rolling processes. It features excellent high-temperature resistance, thermal conductivity, and mechanical strength. It is widely used in electronics, metallurgy, vacuum equipment, aerospace, and lighting industries as heating elements, thermal shields, or structural components. With a smooth surface and precise dimensions, molybdenum sheets can be customized in various specifications to meet the requirements of advanced manufacturing and scientific research equipment.

2. Features of Molybdenum Sheet

- High Purity Material:** Purity $\geq 99.95\%$, with extremely low impurity levels
- High-Temperature Resistance:** Melting point up to 2610°C , stable performance in extreme conditions
- Excellent Workability:** High flatness, smooth surface, easy to punch, shear, and weld
- Customizable Specifications:** Various sizes and thicknesses available to suit different processes

3. Specifications of Molybdenum Sheet

Parameter	Specification
Purity	$\geq 99.95\%$
Thickness	0.01 mm - 3.00 mm
Width	50 mm - 600 mm
Length	Custom lengths or supplied in coil
Surface Finish	Polished, Alkali-cleaned, Sandblasted
Thickness Tolerance	± 0.005 mm - ± 0.2 mm
Surface Roughness	Ra 0.8 μm – Ra 3.2 μm

4. Production Process

Molybdenum Ingot (Raw Material) → Inspection → Hot Rolling → Leveling & Annealing → Alkali Cleaning → Inspection → Warm Rolling → Vacuum Annealing → Inspection → Cold Rolling → Leveling → Shearing → Vacuum Annealing → Inspection → Packaging

5. Purchasing Information

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 4 Herstellungs- und Vorbereitungsprozess von Molybdänblechen

4.1 Vorbereitung der Rohstoffe vor der Herstellung von Molybdänplatten

Der Produktions- und Vorbereitungsprozess von Molybdänblechen beginnt mit der Gewinnung und Verarbeitung hochwertiger Rohstoffe, die die Schlüsselglieder zur Gewährleistung der Leistung von Molybdänblechen sind, die sich direkt auf ihre Reinheit, Mikrostruktur und endgültigen Anwendungsergebnisse auswirken. Der Rohstoff für Molybdänbleche wird hauptsächlich aus Molybdänerz gewonnen, von dem Molybdänit (MoS_2) die Hauptquelle für Molybdän ist. Der Prozess der Rohstoffaufbereitung umfasst den Erzabbau, die Aufbereitung und die Erstreinigung, um hochreines Molybdänpulver für die anschließende Pulvermetallurgie und Walzprozesse bereitzustellen. CTIA GROUP LTD Molybdänplatten gewährleisten eine hohe Reinheit und Konsistenz der Rohstoffe durch einen strengen Rohstoffaufbereitungsprozess und erfüllen die anspruchsvollen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt-, Elektronik- und Hochtemperaturindustrie. Im Folgenden werden die Arten und Eigenschaften von Molybdänerz, der Abbau und die Aufbereitungsmethoden im Detail erörtert, wobei der Schwerpunkt auf den Eigenschaften und der Verteilung von Molybdänit sowie dem Prozess und den wichtigsten Punkten des Tagebaus liegt.

4.1.1 Arten und Eigenschaften von Molybdänerz

Molybdänerz ist der Grundstoff für die Herstellung von Molybdänblechen, hauptsächlich in Form von Sulfiden, und Molybdänit (MoS_2) ist das häufigste Molybdänmineral, das den Hauptteil der weltweiten Molybdänressourcen ausmacht. Andere Molybdänerzarten umfassen Molybdat (z. B. Calciummolybdat CaMoO_4) und Molybdänitoxid (z. B. MoO_3). Er wird jedoch wegen der geringen Reserven oder der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schwierigkeit der Ausbeutung weniger genutzt. Molybdänit hat sich aufgrund seines hohen Molybdängehalts (ca. 60% Molybdän) und der leichten Trennung zum Hauptrohstoff für die Herstellung von Molybdänplatten entwickelt. Die Eigenschaften des Molybdänerzes wirken sich direkt auf den Reinigungsprozess und die Leistung des endgültigen Molybdänblechs aus, z. B. beeinflussen Verunreinigungen im Erz (wie Kupfer, Eisen, Silizium) die Reinheit des Molybdänpulvers, das durch Aufbereitung und chemische Behandlung entfernt werden muss. Darüber hinaus beeinflussen auch die physikalischen Eigenschaften von Molybdänerz, wie Härte und Kristallstruktur, die Zerkleinerungs- und Aufbereitungseffizienz. Molybdänerz wird oft mit Porphyry-Kupfer-Erz oder anderen Sulfidmineralien in Verbindung gebracht, die einen komplexen Sortierprozess erfordern, um hochgradiges Molybdänkonzentrat zu gewinnen.

4.1.1.1 Eigenschaften und Verteilung von Molybdänit

Molybdänit (MoS_2) ist ein geschichtetes Sulfidmineral mit einem silbrig-grauen bis eisenhaltigen Glanz mit einer Härte von 1-1,5 auf der Mohs-Skala und einer Dichte von etwa $4,7\text{-}5,0\text{ g/cm}^3$. Seine chemische Zusammensetzung besteht hauptsächlich aus Molybdän (59,94%) und Schwefel (40,06%), und die Kristallstruktur ist ein hexagonales Kristallsystem, und die Bindungskraft zwischen den Schichten ist schwach, was ihm eine gute Schmierfähigkeit und ein leichtes Ablösen verleiht. Molybdänit ist in der Natur oft flockig oder flockig und lässt sich leicht durch Flotation trennen. Es ist thermisch stabil und beginnt zu oxidieren, um MoO_3 zu bilden, wenn es an der Luft auf $600\text{ }^\circ\text{C}$ erhitzt wird, kann aber höheren Temperaturen (ca. $1200\text{ }^\circ\text{C}$) in einer inerten Atmosphäre standhalten. Die chemische Stabilität von Molybdänit macht es resistent gegen Säure- und Alkaliangriffe, aber es ist leicht, mit Oxidationsmitteln (wie Salpetersäure) zu reagieren, so dass es notwendig ist, bei der Aufbereitung und Reinigung auf die Umweltkontrolle zu achten. Die Verteilung der Molybdänit-Ressourcen in der Welt ist konzentriert, und zu den Hauptproduktionsgebieten gehören China (das etwa 40% der weltweiten Reserven ausmacht, hauptsächlich in Henan, Shaanxi, Jilin und anderen Orten), die Vereinigten Staaten (Colorado, Montana), Chile, Kanada und Australien. Das Luanchuan-Gebiet in Luoyang, China, ist das größte Molybdänabbaugebiet der Welt, mit Erzgehalten im Allgemeinen zwischen 0,1 % und 0,3 % (Molybdängehalt), und hochgradige Erze können mehr als 0,5 % erreichen. Molybdänit wird häufig mit Sulfiderzen wie Kupfer, Blei, Zink usw. in Verbindung gebracht, und der Gehalt an verwandten Elementen (wie Eisen und Kupfer) muss durch Aufbereitung streng kontrolliert werden, um die Reinheit des Molybdänpulvers ($\geq 99,95\%$) für die anschließende Reinigung sicherzustellen.

4.1.2 Abbau- und Aufbereitungsverfahren von Molybdänerz

Der Abbau und die Aufbereitung von Molybdänerz ist der Kernschritt der Rohstoffaufbereitung, der darauf abzielt, hochwertiges Molybdänkonzentrat aus minderwertigem Erz zu extrahieren und hochwertige Rohstoffe für die anschließende metallurgische Reinigung bereitzustellen. Die Abbaumethoden werden je nach den geologischen Bedingungen der Lagerstätte in Tagebau und Untertagebau unterteilt, wobei der Tagebau aufgrund seiner niedrigen Kosten und hohen Effizienz vorherrschend ist und für große oberflächennahe Lagerstätten geeignet ist. Bei der Aufbereitungsmethode wird hauptsächlich die Flotationstechnologie in Kombination mit

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schwerkraftabscheidung, magnetischer Trennung und anderen Hilfsmitteln verwendet, um Molybdänit im Molybdänerz von zugehörigen Mineralien zu trennen und ein Konzentrat mit \geq Molybdängehalt von 50 % zu erhalten. Bei der Aufbereitung müssen die Größe der Mahlpartikel (in der Regel bis zu -200 mesh, ca. 74 Mikrometer), die Flotationsreagenzien (wie Xanthat, Schaumbildner) und der pH-Wert (8-10) streng kontrolliert werden, um die Rückgewinnungsrate von Molybdänit (normalerweise 85-95%) zu verbessern. Das Molybdänkonzentrat muss nach der Aufbereitung weiter geröstet werden, um Molybdänoxid (MoO_3) herzustellen, das den Grundstein für die anschließende Wasserstoffreduktion zur Herstellung von Molybdänpulver legt. Die Aufbereitungseffizienz und die Reinheit des Konzentrats wirken sich direkt auf die Leistung von Molybdänblechen aus, z. B. können hohe Mengen an Verunreinigungen (Eisen, Kupfer) die Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen verringern.

4.1.2.1 Molybdänerz-Tagebauverfahren und wichtige Punkte

Der Tagebau ist die Hauptart des Molybdänabbaus, die sich für Lagerstätten mit oberflächennaher Erzkörpererschüttung und großen Reserven eignet, wie z. B. Luanchuan in China und Klemax-Mine in den Vereinigten Staaten. Der Prozess umfasst die Exploration, das Abtragen, das Strahlen, die Verladung, den Transport und die Bevorratung. Während der Explorationsphase werden geologische Bohrungen und geophysikalische Methoden eingesetzt, um die Lage des Erzkörpers, den Gehalt (in der Regel 0,1 % bis 0,3 % Molybdän) und die Reserven zu bestimmen und einen Abbauplan zu entwickeln. In der Abraumphase werden der Mutterboden und das Abraumgestein, das den Erzkörper bedeckt, entfernt, und das Abraumverhältnis (Verhältnis von Abraumgestein zu Erzvolumen) beträgt in der Regel 3:1 bis 10:1 und muss optimiert werden, um die Kosten zu senken. Beim Sprengen werden präzise kontrollierte Sprengstoffe (z. B. Ammoniumnitrat) verwendet, um den Erzkörper zu zerkleinern, die Größe des Sprenglochs beträgt in der Regel 100-250 mm, und die Erzpartikelgröße wird nach dem Sprengen für die anschließende Zerkleinerung auf 0,1-1 m kontrolliert. Große Bagger (10-30 Kubikmeter Schaufelvolumen) und Muldenkipper (50-200 Tonnen Ladung) werden eingesetzt, um das Erz zum Konzentrator zu transportieren. In der Stapelphase ist es notwendig, nach Sorte zu klassifizieren und zu stapeln, um eine Vermischung von hoch- und minderwertigen Erzen zu vermeiden.

Zu den wichtigsten Erkenntnissen aus dem Tagebau gehören: Optimierung des Sprengdesigns zur Reduzierung der Erzverdünnung (Ziel $< 10\%$) und Verbesserung der Gehaltskonsistenz; Die zweite besteht darin, hocheffiziente Geräte wie Elektroschaufeln und Schwerlastwagen einzusetzen, um die Produktionseffizienz zu verbessern (bis zu 100.000 Tonnen Erz pro Tag); Der dritte ist der Umweltschutz, d. h. die Kontrolle des Strahlstaubs (Staubunterdrückung durch Sprühen) und der Abwasserentsorgung (Recyclingquote $>80\%$) im Einklang mit den Umweltschutzvorschriften. Das Molybdänerz im Tagebau gelangt nach der Vorzerkleinerung in den Aufbereitungsprozess und liefert hochwertige Rohstoffe für die Herstellung von Molybdänblechen.

4.1.2.2 Untertagebaumethoden für Molybdänerz

Die Herstellung von Molybdänblechen stützt sich auf hochwertige Molybdänerzrohstoffe, während der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Untertagebau die Gewinnung von Molybdänerz (MoS_2) unter tiefen oder komplexen geologischen Bedingungen istEs eignet sich für Lagerstätten, bei denen der Erzkörper tief vergraben ist oder die Oberflächenbedingungen nicht für den Tagebau geeignet sind, wie z. B. einige Molybdänminen in Jilin, China oder Kanada. Der Prozess des Untertagebaus umfasst den Minenbau, den Straßenbau, den Sprengbergbau, die Erzförderung und den Übertagetransport. Der Bau des Bergwerks beginnt mit der Öffnung des Erzkörpers durch vertikale oder geneigte Schächte, die mit Belüftungs-, Entwässerungs- und Hebesystemen ausgestattet sind, um die Sicherheit des Betriebs zu gewährleisten. Beim Straßentunnelbau wird die Teilschnitt- oder Sprengmethode angewendet, und horizontale oder geneigte Fahrbahnen werden entlang des Erzkörpers verlegt, und die Größe der Fahrbahn ist in der Regel 3-5 Meter breit und 3-4 Meter hoch. In der Bergbauphase wird hauptsächlich die Raum-und-Säulen-Methode oder die Füllmethode angewendet, und die Raum-und-Säulen-Methode stützt das Dach, indem sie die Erzsäule beibehält, und die Gewinnungsrate beträgt etwa 70-80%; Bei der Füllmethode wird der Schlamm mit Rückständen oder Zement gefüllt, und die Rückgewinnungsrate kann mehr als 90 % erreichen, aber die Kosten sind hoch. Bei der Sprengung wird das Erz mit Präzisionsladungen, wie z. B. Emulsionssprengstoffen, auf eine Partikelgröße von 0,1 bis 0,5 Metern zerkleinert, das dann von Ladern und Loren an die Oberfläche gehoben wird.

Zu den wichtigsten Punkten des Untertagebaus gehören: erstens das Sicherheitsmanagement, das eine strenge Kontrolle der Belüftung (Luftmenge $\geq 3 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{Person}$) und der Stütze (Anker, Stahlgitter) erfordert, um einen Einsturz zu verhindern; Die zweite besteht darin, die Abbausequenz zu optimieren, dem Abbau von hochgradigen Erzkörpern (0,2-0,5 % Molybdängehalt) Vorrang einzuräumen und die Verdünnungsrate zu reduzieren (Ziel $<15\%$); Die dritte ist die Energieeinsparung und der Umweltschutz durch den Einsatz von Geräten mit niedrigem Energieverbrauch (z. B. elektrische Lader) und die Verfüllung von Abraumhalden, um die Umweltbelastung zu verringern. Das unter Tage abgebaute Molybdänerz gelangt nach der Vorzerkleinerung in den Aufbereitungsprozess und liefert stabile Rohstoffe für die Herstellung von Molybdänblechen.

4.1.2.3 Prinzipien und Verfahren des Flotationsverfahrens für Molybdänerz

Die Flotation ist die Kernmethode der Molybdänit aufbereitung, die häufig zur Extraktion von hochgradigem Molybdänkonzentrat aus minderwertigem Molybdänit verwendet wird, und ihr Prinzip basiert auf der Differenz zwischen der Hydrophobizität von Molybdänit und der Hydrophilie der damit verbundenen Mineralien. Molybdänit (MoS_2) ist von Natur aus hydrophob an der Oberfläche und wird leicht von Kollektoren (wie Xanthate oder Mercaptan) adsorbiert und an Blasen gebunden, während verwandte Mineralien (wie Quarz, Feldspat) stark hydrophil sind und in der Aufschlammung verbleiben. Der Flotationsprozess besteht aus fünf Stufen: Zerkleinern, Mahlen, Aufschlammung, Flotation und Entwässern. Durch das Zerkleinern wird das Roherz (Korngröße 0,1-1 m) auf 10-50 mm zerkleinert, und durch das Mahlen wird das Erz weiter auf -200 Mesh (ca. 74 Mikrometer) gemahlen, so dass der Dissoziationsgrad des Molybdänitmonomers mehr als 80 % erreicht. In der Güllekonditionierungsstufe wurden ein Auffangbehälter (z. B. Butylxanthat, 0,1-0,3 kg/t), ein Schaumbildner (z. B. Terpeneol, 0,05-0,1 kg/t) und ein Inhibitor (z. B. Natriumsilikat, 0,5-1 kg/t) zugegeben, um den pH-Wert der Aufschlammung auf 8-10 einzustellen und den Flotationseffekt zu optimieren. Die Flotation findet in

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

einer Flotationszelle statt, in der Blasen (Luft oder Stickstoff) gerührt werden, um Molybdänit in die Schaumschicht zu bringen, um ein Molybdänkonzentrat (50-60 % Molybdängehalt) mit einer Rückgewinnungsrate von typischerweise 85-95 % herzustellen. Die Abraumhalden werden weiter durch eine mehrstufige Flotation gewonnen, um das restliche Molybdän zu gewinnen. Durch die Entwässerung wird die Konzentratfeuchte durch einen Eindicker und eine Filterpresse auf weniger als 10% reduziert. Die Vorteile der Flotation bestehen darin, dass sie hocheffizient und anpassungsfähig ist und minderwertige Erze (0,1-0,3 % Molybdängehalt) behandeln kann, aber die Menge an Chemikalien und die Abwasserbehandlung (Recyclingquote > 80 %) streng kontrolliert werden muss, um die Umweltverschmutzung zu reduzieren. Das durch Flotation gewonnene Molybdänkonzentrat liefert hochwertige Rohstoffe für die anschließende Röstung und Reinigung.

4.1.2.4 Prinzipien und Verfahren des Schwerkrafttrennverfahrens für Molybdänerz

Das Schwerkrafttrennverfahren ist ein Hilfsverfahren zur Molybdänitaufbereitung, bei dem die Dichtedifferenz zwischen Molybdänit (Dichte 4,7-5,0 g/cm³) und zugehörigen Mineralien (wie Quarz, Dichte 2,65 g/cm³) zur Trennung genutzt wird, die für die Rückgewinnung von grobkörnigem Molybdänit oder verwandten Schwermineralien geeignet ist. Das Prinzip der Schwerkraftabscheidung basiert auf der Schwerkraftsedimentation oder der Zentrifugalkraft, und Molybdänit setzt sich aufgrund seiner hohen Dichte schnell in Schwerkraftabscheidungsanlagen ab, während leichte Gangminerale weggespült werden. Der Schwerkrafttrennungsprozess umfasst das Zerkleinern, Mahlen, Klassieren, Schwerkrafttrennen und Entwässern. Das Roherz wird zunächst auf 50-100 mm zerkleinert und auf 0,5-2 mm gemahlen, um Molybdänitpartikel freizusetzen. Die Sortierung erfolgt mittels eines Spiralsichters oder Hydrozyklons, um den Schlamm in grobe und feine Körner zu unterteilen, und die groben Körner (>0,5 mm) gelangen in die Schwerkraftabscheideanlage. Vorrichtungen oder Schüttler werden üblicherweise für die Schwerkrafttrennung verwendet, und die Schüttelmaschine schichtet die Erzpartikel entsprechend der Dichte durch den pulsierenden Wasserstrom, und der Molybdänit sinkt in die untere Schicht, um grobes Konzentrat (Molybdängehalt 20-40%) herzustellen; Der Schüttler nutzt seitliche Wasserströmung und Vibrationen, um eine Rückgewinnungsrate von 70-85 % zu erreichen. Feinkörnige Gölle (<0,5 mm) wird in der Regel dem Flotationsprozess zugeführt. Durch die Entwässerung wird die Feuchtigkeit des Schwerkraftabscheidekonzentrats auf weniger als 10 % reduziert. Die Vorteile der Schwerkraftabscheidung bestehen darin, dass die Ausrüstung einfach ist, die Kosten niedrig sind und für die Verarbeitung von hochwertigem grobkörnigem Erz (Molybdängehalt >0,3 %) geeignet ist, aber für feinkörniges Erz weniger effizient ist und häufig in Kombination mit Flotation verwendet wird. Das Schwerkrafttrennkonzentrat muss weiter flотиert und gereinigt werden, um hochwertige Rohstoffe für die Herstellung von Molybdänplatten bereitzustellen.

4.1.2.5 Prinzipien und Verfahren der magnetischen Abscheidung von Molybdänerz

Die magnetische Trennung ist ein Hilfsmittel zur Molybdänerzaufbereitung, das verwendet wird, um magnetische Verunreinigungen (wie Magnetit, Fe₃O₄) oder damit verbundene magnetische Mineralien in Molybdänit zu entfernen und die Reinheit von Molybdänkonzentrat zu verbessern. Das Prinzip der magnetischen Trennung beruht auf den magnetischen Unterschieden von Mineralien, Molybdänit ist ein

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

nichtmagnetisches Material (magnetische Suszeptibilität $< 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$), während Magnetit einen starken Magnetismus aufweist (magnetische Suszeptibilität $10^2\text{-}10^3 \text{ cm}^3/\text{g}$), der im Magnetfeld leicht adsorbiert wird. Der magnetische Trennprozess umfasst das Zerkleinern, Mahlen, Magnettrennen und Entwässern. Das Roherz wird auf 50-100 mm zerkleinert und auf -200 Mesh (ca. 74 Mikrometer) gemahlen, um die magnetischen Verunreinigungen vom Molybdänit zu trennen. Bei der magnetischen Trennung wird ein nasser Magnetabscheider verwendet, die magnetische Feldstärke beträgt normalerweise 0,1-0,6 T, die magnetischen Verunreinigungen werden auf der Magnettrommel adsorbiert, und der nichtmagnetische Molybdänit fließt mit der Aufschlämmung aus, um ein Vorkonzentrat zu erzeugen (Molybdängehalt 10-30%). Nach der magnetischen Trennung gelangt der Schlamm in der Regel zur weiteren Reinigung in den Flotationsprozess. Durch die Entwässerung wird die Konzentratfeuchte durch Konzentratoren und Filterpressen auf weniger als 10 % reduziert. Der Vorteil der magnetischen Trennung besteht darin, dass sie ferromagnetische Verunreinigungen (wie einen Eisengehalt von 1 % bis unter 0,1 %) effektiv entfernen und die Qualität des Molybdänkonzentrats verbessern kann, aber sie ist unwirksam gegen nichtmagnetische Verunreinigungen (wie Quarz) und muss in Kombination mit anderen Aufbereitungsmethoden verwendet werden. Die magnetische Trennanlage muss regelmäßig gewartet werden, um sicherzustellen, dass das Magnetfeld stabil ist, und die Abwasserrecyclingquote muss mehr als 80 % erreichen, um die Anforderungen des Umweltschutzes zu erfüllen. Das durch magnetische Trennung vorbehandelte Molybdänkonzentrat bietet einen verunreinigungsarmen Rohstoff für die anschließende Reinigung und die Herstellung von Molybdänblechen.

4.1.3 Raffination und Umwandlung von Molybdänkonzentrat

Die Raffination und Umwandlung von Molybdänkonzentrat ist ein wichtiger Schritt bei der Umwandlung des durch Aufbereitung gewonnenen Molybdänkonzentrats (hauptsächlich Molybdänit, MoS_2) in hochreine Molybdänverbindungen oder Metallmolybdänpulver, das hochwertige Rohstoffe für die anschließende Herstellung von Molybdänblechen liefert. Der Raffinationsprozess entfernt hauptsächlich Verunreinigungen wie Schwefel und Eisen durch oxidatives Rösten in Kombination mit Hydrometallurgie (z. B. Ammoniaklaugung oder Säurelaugung), um hochreines Molybdänoxid (MoO_3) oder Ammoniummolybdat ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$) zu erhalten, und schließlich wird Molybdänpulver durch Reduktion hergestellt. Die Wahl des Raffinationsverfahrens wirkt sich direkt auf die Reinheit des Molybdänpulvers ($99,95\% \geq$ sind erforderlich, um die Nachfrage nach hochreinen Molybdänblechen zu decken), die Partikelgrößenverteilung und die Produktionskosten aus. Durch fortschrittliche Raffinationstechnologie gewährleisten die Molybdänplatten der CTIA GROUP LTD die hohe Reinheit und Konsistenz der Rohstoffe und erfüllen die Anforderungen von High-End-Anwendungen wie Elektronik und Luft- und Raumfahrt. Im Folgenden werden das oxidative Röst-Ammoniak-Auslaugungsverfahren, das oxidative Röst-Säureauslaugungsverfahren und das Herstellungsverfahren von Molybdänpulver aus Molybdänkonzentrat ausführlich erörtert.

4.1.3.1 Oxidatives Rösten-Ammoniaklaugungsverfahren für Molybdänkonzentrat

Die oxidative Röstammoniaklaugung ist das Hauptverfahren zur Raffination von Molybdänkonzentrat, das für die Herstellung von hochreinen Molybdänverbindungen geeignet ist und bei der Herstellung von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

hochreinen Molybdänblechrohstoffen weit verbreitet ist. Das Prinzip besteht darin, dass Molybdänit (MoS_2) durch Hochtemperaturrösten zu Molybdänoxid (MoO_3) oxidiert und dann mit Ammoniak gelöst wird, um lösliches Ammoniummolybdat herzustellen, das dann durch Kristallisation gereinigt wird. Der Prozess besteht aus fünf Stufen: Rösten, Auslaugen von Ammoniak, Filtrieren, Kristallisieren und Trocknen. Die Röststufe wird in einem Drehrohrofen oder einem Mehrkammerofen bei einer Temperatur von 550-650 °C durchgeführt, und es wird Luft eingeführt, um MoS_2 zu MoO_3 zu oxidieren. Gleichzeitig wird Schwefel in SO_2 umgewandelt (was eine Abgasbehandlung erfordert, um die Umweltstandards zu erfüllen, und die Rückgewinnungsrate von SO_2 beträgt >95 %). Nach dem Rösten wird Molybdänkonzentrat (Molybdängehalt 50-60%) in Rohmolybdänoxid (Molybdängehalt > 95%) umgewandelt und Verunreinigungen wie Eisen und Kupfer werden teilweise verflüchtigt oder oxidiert. In der Ammoniaklaugungsphase wird Rohmolybdänoxid mit Ammoniakwasser (Konzentration 10-15 %) bei 50-70 °C und pH 8-9 umgesetzt, um Ammoniummolybdatlösung zu erzeugen, und unlösliche Verunreinigungen wie Eisen und Silikon werden filtriert und abgeschieden. Die filtrierte Ammoniummolybdatlösung wird durch Verdampfen kristallisiert, um hochreine Ammoniummolybdatkristalle (Reinheit $\geq 99,5\%$) zu erhalten, die schließlich bei 120-150 °C getrocknet werden. Der Vorteil des Ammoniaklaugungsverfahrens besteht darin, dass die Reinigungseffizienz hoch ist und der Gehalt an Verunreinigungen (wie Eisen und Kupfer) auf weniger als 50 ppm reduziert werden kann, was für die Herstellung von hochreinen Molybdänblechrohstoffen geeignet ist. Die Verwendung von Ammoniakwasser erfordert jedoch eine strenge Kontrolle der Abfallbehandlung (Ammoniakrückgewinnungsrate > 90 %), um die Umweltverschmutzung zu reduzieren. Das bei diesem Verfahren hergestellte Ammoniummolybdat liefert hochreine Rohstoffe für die anschließende Aufbereitung von Molybdänpulver.

4.1.3.2 Oxidatives Rösten-Säurelaugungs-Raffinationsverfahren für Molybdänkonzentrat

Die oxidative Röstsäurelaugung ist ein weiteres häufig verwendetes Raffinationsverfahren für Molybdänkonzentrate, das für die Verarbeitung von Molybdänkonzentrat geeignet ist, das komplexe Verunreinigungen enthält, insbesondere wenn viele damit verbundene Metalle wie Kupfer und Blei vorhanden sind. Das Prinzip besteht darin, Molybdänit durch Rösten zu Molybdänoxid (MoO_3) zu oxidieren und dann Verunreinigungen mit einer sauren Lösung aufzulösen, um hochreines Molybdänoxid zu erhalten. Der Prozess umfasst das Rösten, Beizen, Filtrieren, Waschen und Trocknen. Die Röststufe ähnelt der Ammoniaklaugungsmethode, die in einer Luftatmosphäre von 550-650 °C durchgeführt wird, bei der Molybdänit zu MoO_3 oxidiert und Schwefel in SO_2 umgewandelt wird (eine hocheffiziente Abgasabsorptionsvorrichtung ist erforderlich, und die Abscheiderate von SO_2 beträgt >95 %). In der Säurelaugungsphase wird Rohmolybdänoxid mit verdünnter Salzsäure (Konzentration 5-10 %) oder Schwefelsäure bei 60-80 °C umgesetzt, um Verunreinigungen wie Eisen, Kupfer und Kalzium aufzulösen, während MoO_3 zurückgehalten wird, da es in verdünnter Säure unlöslich ist. Nach dem Filtrieren und Trennen der Verunreinigungslösung werden die Molybdänoxid-Feststoffe mehrmals mit entionisiertem Wasser gewaschen, um sicherzustellen, dass der Verunreinigungsgehalt (z. B. Eisen, Kupfer) auf weniger als 100 ppm reduziert wird. Das gewaschene Molybdänoxid wird bei 150-200 °C getrocknet, um hochreines Molybdänoxid (Reinheit $\geq 99,5\%$) zu erhalten.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die Vorteile der Säurelaugungsmethode bestehen darin, dass sie eine Vielzahl von Metallverunreinigungen effektiv entfernen kann und die Anpassungsfähigkeit des Prozesses stark ist, was für die Behandlung von minderwertigen oder komplexen Erzen geeignet ist, aber die Kosten für die Behandlung von sauren Abfällen sind hoch (sie müssen vor der Entladung auf pH 6-8 neutralisiert werden). Im Vergleich zur Ammoniaklaugungsmethode ist die Säurelaugungsmethode einfacher zu bedienen, aber die Reinheit ist etwas geringer und eignet sich für die Rohstoffherstellung von Molybdänblechen mit normaler Reinheit (99 %-99,9 %). Das gewonnene Molybdänoxid bietet eine zuverlässige Grundlage für die anschließende Herstellung von Molybdänpulver.

4.1.3.3 Herstellung von Molybdänpulver aus Molybdänkonzentratextrakten

Der Molybdänkonzentrat-Extrakt (Molybdänoxid oder Ammoniummolybdat) wird durch ein Wasserstoffreduktionsverfahren in hochreines Molybdänpulver umgewandelt, das den endgültigen Rohstoff für die Herstellung von Molybdänplatten liefert. Das Prinzip besteht darin, mit Wasserstoff MoO_3 oder $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ bei hohen Temperaturen zu Metall-Molybdän zu reduzieren und dabei Sauerstoff und Restverunreinigungen zu entfernen. Der Prozess umfasst die Reduktion, das Screening und die Qualitätskontrolle. Die Reduktionsphase findet in einem Rohrofen oder Drehrohrrofen statt und erfolgt in zwei Schritten: Im ersten Schritt wird MoO_3 oder Ammoniummolybdat in einem Wasserstoffgasstrom bei 400-600 °C zu MoO_2 reduziert (Reinheit $\geq 99,99\%$ und Durchfluss 1-2 m^3/h), gleichzeitig Wasserdampf und Ammoniak freisetzen (muss zur Abgasaufbereitung verarbeitet werden); Der zweite Schritt wird weiter auf Metall-Molybdänpulver bei 900-1100 °C reduziert, die Partikelgröße beträgt normalerweise 1-10 Mikrometer und die Reinheit kann mehr als 99,95 % erreichen.

Während des Reduktionsprozesses sollten die Reinheit des Wasserstoffs und die Atmosphäre im Ofen streng kontrolliert werden, um eine Oxidation (Sauerstoffgehalt < 50 ppm) aufgrund von Sauerstoffrückständen zu vermeiden. Während der Siebphase wird ein Vibrationsieb (100-200 mesh) verwendet, um große Partikel oder Agglomerate zu entfernen, um sicherzustellen, dass die Partikelgröße des Molybdänpulvers gleichmäßig ist (ca. 2-5 Mikrometer für D50). Die Qualitätskontrolle erfolgt durch ICP-MS-Detektion von Verunreinigungen (z. B. Eisen, Kupfer < 20 ppm) und Röntgenbeugung zur Bestätigung der Kristallstruktur (körperzentrierter Würfel). Die Eigenschaften von Molybdänpulver wirken sich direkt auf die Qualität von Molybdänplatten aus, z. B. ist die feine und gleichmäßige Partikelgröße förderlich für die Sinterdichte ($> 98\%$) und die hohe Reinheit gewährleistet Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Das aufbereitete Molybdänpulver wird durch Pulvermetallurgie und Walzen zu Molybdänblechen weiterverarbeitet, um den Anforderungen der Luft- und Raumfahrt, der Elektronik und anderer Bereiche gerecht zu werden.

4.2 Formgebungsprozess von Molybdänblech

Der Formprozess von Molybdänblech ist ein wichtiger Schritt, um es von hochreinem Molybdänpulver oder Molybdänrohling in ein Blechmaterial mit spezifischer Dicke, Größe und Eigenschaften umzuwandeln, das die mechanischen Eigenschaften, die Oberflächenqualität und die Anpassungsfähigkeit der Anwendung von Molybdänblech direkt bestimmt. Der Umformprozess umfasst

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

hauptsächlich die Pulvermetallurgie und den Walzprozess, bei dem der Walzprozess weiter in zwei Arten unterteilt wird: Warmwalzen und Kaltwalzen. Diese Prozesse optimieren die Kornstruktur, Festigkeit und Duktilität von Molybdänblechen, indem sie Temperatur, Verformung und Umgebungsbedingungen präzise steuern, um die Anforderungen von Branchen wie der Elektronik-, Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturindustrie zu erfüllen. CTIA GROUP LTD Molybdänblech wird durch fortschrittliche Formtechnologie hergestellt, um die hohe Präzision und Konsistenz der Produkte zu gewährleisten. Im Folgenden werden die Prozesseigenschaften, Leistungseinflüsse und Anwendungsvorteile der Pulvermetallurgie für die Herstellung von Molybdänblechen, die Herstellung von Molybdänblechen im Warmwalzverfahren und die Herstellung von Molybdänblechen im Kaltwalzverfahren ausführlich erörtert.

4.2.1 Herstellung von Molybdänblechen durch Pulvermetallurgie

Die Pulvermetallurgie ist das grundlegende Umformverfahren für die Herstellung von Molybdänblechen, das sich für die Herstellung einer hochreinen und homogenen Struktur von Molybdänblechen eignet, insbesondere für die Herstellung von ultradünnen Molybdänblechen (Dicke 0,01-0,1 mm) oder komplexen Formteilen. Der Prozess umfasst das Pressen von Molybdänpulver, das Sintern und die anschließende Verarbeitung. Hochreines Molybdänpulver (Reinheit $\geq 99,95\%$, Partikelgröße 1-10 Mikrometer) wird durch kalisostatisches Pressen (Druck 100-200 MPa) zu Rohlingen gepresst, und die Form der Rohlinge kann je nach Bedarf (z. B. Platten oder Stäbe) angepasst werden. Der gepresste Rohling wird unter Vakuum- oder Wasserstoffschutzatmosphäre gesintert, die Temperatur wird auf 1800-2000 °C geregelt und die Sinterzeit beträgt 2-6 Stunden, so dass die Molybdänpulverpartikel durch Diffusion zu einem dichten grünen Körper verbunden werden und die Dichte mehr als 98% beträgt. Während des Sinterprozesses wird die Korngröße auf 10-50 Mikrometer kontrolliert, um Festigkeit und Zähigkeit auszugleichen. Die Zugfestigkeit des gesinterten Knüppels beträgt etwa 500-700 MPa, und die Dichte liegt nahe am theoretischen Wert (10,22 g/cm³). Zur weiteren Vorbereitung der Bleche wird der gesinterte Knüppel gewalzt oder geschmiedet und die Oberfläche mit einer Rauheit von Ra 0,8-1,6 Mikrometer gebeizt oder poliert. Der Vorteil der Pulvermetallurgie besteht darin, dass Molybdänbleche mit hoher Reinheit und gleichmäßiger Struktur hergestellt werden können, mit einem geringen Verunreinigungsgehalt (Eisen, Kupfer < 20 ppm), die für Halbleitertargets und Hochtemperaturofenkomponenten geeignet sind. Das Verfahren ist jedoch komplex und kostspielig und eignet sich daher für hochpräzise Anwendungen, wie z. B. das Sputtern von Targets in der Elektronikindustrie oder das Strahlenschutz in der Nuklearindustrie.

4.2.2 Herstellung von Molybdänblech durch Walzverfahren

Das Walzverfahren ist das am häufigsten verwendete Umformverfahren bei der Herstellung von Molybdänblechen, bei dem der gesinterte Molybdänknüppel schrittweise auf die gewünschte Dicke verdünnt wird, während seine mechanischen Eigenschaften und seine Oberflächenqualität verbessert werden. Das Walzen wird in zwei Verfahren unterteilt: Warmwalzen und Kaltwalzen, die für Molybdänbleche mit unterschiedlichen Dicken- und Leistungsanforderungen geeignet sind. Der Walzprozess wird im Vakuum oder in einer inerten Atmosphäre (z.B. Argon) durchgeführt, um eine

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Oxidation bei hohen Temperaturen zu verhindern und sicherzustellen, dass sich kein flüchtiges MoO_3 auf der Oberfläche des Molybdänblechs bildet. Während des Walzprozesses wirken sich das Ausmaß der Verformung, die Walztemperatur und der Glühprozess direkt auf die Korngröße, Festigkeit und Duktilität von Molybdänblechen aus. Das Warmwalzen eignet sich für die Herstellung von dickeren Molybdänblechen (0,5-3 mm), während das Kaltwalzen für ultradünne Molybdänbleche (0,01-0,1 mm) verwendet wird. Die Zugfestigkeit von gewalztem Molybdänblech kann 800-1200 MPa erreichen, und die Oberflächenrauheit kann durch Polieren nur R_a 0,4 Mikrometer betragen, was den Präzisionsanforderungen der Elektronik, der Luft- und Raumfahrt und anderer Bereiche entspricht.

4.2.2.1 Herstellung von Molybdänblechen durch Warmwalzen

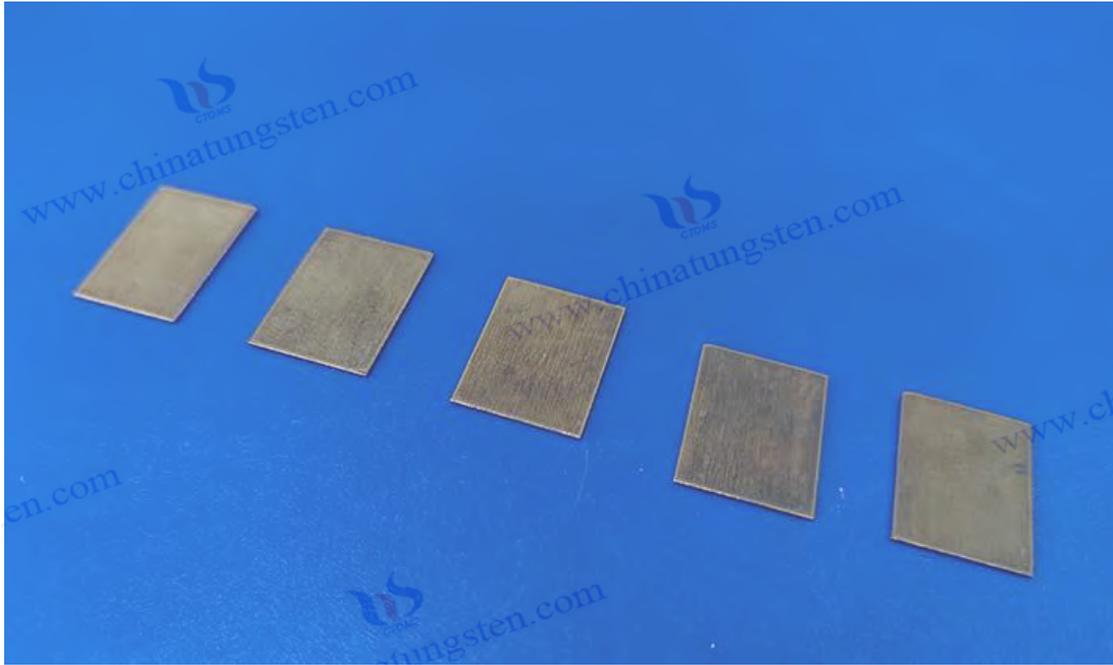
Das Warmwalzverfahren bereitet Molybdänbleche mit einer Dicke von 0,5-3 mm vor, indem der Molybdänknüppel bei einer hohen Temperatur (1000-1400 °C) für mehrere Durchgänge gewalzt wird, was für Hochtemperatur-Ofenkomponenten und Strukturteile für die Luft- und Raumfahrt geeignet ist. Molybdänknüppel (in der Regel pulvermetallurgisch hergestellt) werden in einem Vakuum- oder Schutzgas-Warmwalzwerk mit einer kontrollierten Verformung von 20-30 % pro Rolle verarbeitet, um Rissbildung zu vermeiden. Während des Warmwalzprozesses werden die Molybdänkörner dynamisch rekristallisiert, und die Korngröße ist größer (50-100 Mikrometer), was dem Molybdänblech eine gute Duktilität (Bruchdehnung 10-15%) und eine geringe innere Spannung verleiht. Die Zugfestigkeit von warmgewalztem Molybdänblech beträgt bei Raumtemperatur etwa 600-800 MPa und kann bei hohen Temperaturen (1200 °C) immer noch 500 MPa erreichen, was für Hochtemperaturumgebungen geeignet ist. Die Oberflächenrauheit beträgt in der Regel R_a 1,0-2,0 μm und kann durch Beizen oder Sandstrahlen optimiert werden. Die Vorteile des Warmwalzverfahrens bestehen darin, dass es eine hohe Produktionseffizienz aufweist, für die Massenproduktion geeignet ist und niedrigere Kosten als das pulvermetallurgische Verfahren hat, aber die Dickentoleranz ($\pm 0,05$ mm) ist etwas schlechter als beim Kaltwalzen. Warmgewalzte Molybdänbleche werden häufig in Heizelementen für Hochtemperaturöfen, korrosionsbeständigen Auskleidungen für chemische Anlagen und Hochtemperatur-Stützkonstruktionen für die Luft- und Raumfahrt verwendet, wo ihre Hochtemperaturfestigkeit und Kriechfestigkeit (Kriechgeschwindigkeit $10^{-6}/\text{s}$) eine Langzeitstabilität gewährleisten.

4.2.2.2 Herstellung von Molybdänblechen im Kaltwalzverfahren

Beim Kaltwalzverfahren versteht man das Weiterwalzen von warmgewalzten Molybdänblechen oder gesinterten Molybdänzuschnitten bei oder nahe Raumtemperatur zu ultradünnen Molybdänblechen mit einer Dicke von 0,01-1 mm, die für hochpräzise elektronische und mikroelektronische Anwendungen geeignet sind. Beim Kaltwalzen werden hochpräzise Vier-Walzen- oder Mehrwalzenwalzwerke verwendet, und der Grad der Verformung wird jedes Mal auf 10-20 % kontrolliert, um Risse durch Kaltverfestigung zu vermeiden. Kaltgewalzte Molybdänbleche haben eine geringe Korngröße (5-20 Mikrometer), eine hohe Versetzungsdichte und eine Zugfestigkeit von bis zu 900-1200 MPa, aber eine geringe Duktilität (Bruchdehnung 5-8%). Um die Zähigkeit zu verbessern, wird nach dem Kaltwalzen ein Spannungsarmglühen (800-1100°C) durchgeführt, so dass die Bruchdehnung auf 10-12% erhöht und die Festigkeit leicht auf 800-1000 MPa reduziert wird. Die Oberflächenqualität von kaltgewalztem

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Molybdänblech ist ausgezeichnet, die Rauheit nach dem Polieren kann Ra 0,4 Mikrometer erreichen, und die Dickentoleranz wird bei $\pm 0,005$ mm kontrolliert, was den Anforderungen von Halbleitertargets und flexiblen Substraten entspricht. Das Kaltwalzverfahren hat den Vorteil, dass ultradünne, hochfeste Molybdänbleche für hochpräzise Anwendungen hergestellt werden können, jedoch mit hohen Anforderungen an die Ausrüstung und einer strengen Kontrolle der Schmierstoffe (in der Regel Schmierung auf Ölbasis), um Oberflächenfehler zu vermeiden. Kaltgewalzte Molybdänbleche werden häufig in der Dünnschichtabscheidung, in der Halbleiterverpackung und in medizinischen Geräten wie Röntgenröhrenanoden eingesetzt, wo ihre hohe Festigkeit und hervorragende Oberflächenqualität die Geräteleistung erheblich verbessern.



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 5 Produktions- und Leistungsprüfeinrichtungen für Molybdänbleche

5.1 Bergbauausrüstung für Molybdänerz

Der Abbau von Molybdänerz ist der erste Schritt bei der Herstellung von Molybdänblechen, und die Auswahl der Ausrüstung wirkt sich direkt auf die Effizienz und die Kosten der Rohstoffgewinnung aus. Entsprechend den geologischen Bedingungen der Lagerstätte wird die Bergbauausrüstung in Tagebaugeräte und Untertagebaugeräte unterteilt, die für oberflächennahe große Lagerstätten und tiefe komplexe Lagerstätten geeignet sind. CTIA GROUP LTD [Molybdänbleche](#) setzen auf effiziente Bergbauanlagen, um die hohe Qualität und stabile Versorgung mit Molybdänit (MoS_2)-Rohstoffen zu gewährleisten. Im Folgenden werden die Typen, Funktionen und Anwendungspunkte von Anlagen für den Tage- und Untertagebau ausführlich erläutert.

5.1.1 Tagebaumaschinen für Molybdänerz

Tagebaumaschinen werden zur Aufbereitung von flach vergrabenen Molybdänit-Lagerstätten wie Luanchuan in Luoyang in China oder Klemax in den Vereinigten Staaten eingesetzt und umfassen hauptsächlich Bohrseln, Sprenggeräte, Bagger, Muldenkipper und Lader. Für das Vorsprengen werden Bohrgeräte (z.B. Dreh- oder Tiefbohrgeräte) eingesetzt, typischerweise mit einem Lochdurchmesser von 100-250 mm und einer Eindringgeschwindigkeit von bis zu 20-50 m/h, ausgestattet mit einem hochpräzisen GPS-Positionierungssystem zur Optimierung des Strahllayouts. Die Strahlanlage verwendet Ammoniumnitrat- oder Emulsionssprengstoffe, und die Sprengung wird durch elektronische Zünder präzise gesteuert, um das Erz auf eine Partikelgröße von 0,1 bis 1 Meter zu zerkleinern, wodurch die Verdünnungsrate reduziert wird (Ziel < 10 %). Bagger (z.B. Elektroschaufeln oder Hydraulikbagger,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10-30 m³ Fassungsvermögen) sind für das Abtragen von Abraumgestein und das Gewinnen von Erz mit einer Produktionskapazität von 5.000-10.000 t/h zuständig. Muldenkipper (50-200 Tonnen, z. B. Caterpillar 797F) werden für den Transport von Erz zu Konzentratoren eingesetzt und sind mit automatischen Navigationssystemen ausgestattet, um die Transporteffizienz zu verbessern. Lader (z.B. Radlader, mit einem Schaufelvolumen von 5-15 Kubikmetern) werden für das Stapeln und Umsetzen von Erz und Abraumgestein eingesetzt. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: hohe Verschleißfestigkeit zur Bewältigung der Molybdänithärte (1-1,5 auf der Mohs-Skala), Strahlen und Aushub zur Reduzierung der Abtragsverhältnisse (3:1 bis 10:1); Umweltmaßnahmen wie Sprühstaubunterdrückung (Staubkonzentration < 10 mg/m³) und Abwasserrecycling (> 80 %) werden strikt durchgesetzt. Die effiziente Synergie dieser Anlagen stellt sicher, dass der Tagebau hochgradiges Molybdänerz (0,1-0,5 % Molybdän) liefert.

5.1.2 Untertagebauausrüstung für Molybdänerz

Untertage-Bergbauausrüstung eignet sich für Molybdänit-Lagerstätten mit tiefen oder komplexen geologischen Bedingungen, wie z. B. Jilin, China oder Teile Kanadas, hauptsächlich einschließlich Teilschnittmaschinen, Gesteinsbohrer, Lader, Minenwagen und Fördersysteme. TBM (z.B. Vollstrecken-TBM oder Ankerbagger) werden zum Vortrieb von Tunneln mit einer Geschwindigkeit von ca. 5-10 m/Tag eingesetzt und sind mit einer Lasernavigation ausgestattet, um die Fahrbahngenauigkeit zu gewährleisten (Abweichung < 5 cm). Zum Sprengen und Bohren werden Gesteinsbohrhämmer (z. B. hydraulische Bohrgeräte) mit einem Lochdurchmesser von 50-100 mm und einer Bohrleistung von 10-20 m/h eingesetzt, die für den Raum- und Pfeiler- oder Fill-and-Fill-Bergbau geeignet sind. Lader (z. B. Abräumer, Schaufelvolumen 2-5 m³) sind für die Verladung von gebrochenem Erz (0,1-0,5 m Korngröße) zuständig und mit Schneeketten ausgestattet, um rutschige Fahrbahnen auszugleichen. Loren (10-30 Tonnen) transportieren das Erz über ein Gleis oder ein gleisloses System, das (z.B. eine Winde oder Winde, 500-2000 kW) das Erz mit einer Leistung von 1000-5000 Tonnen/Tag an die Oberfläche hebt. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Ausrüstung muss kompakt genug sein, um in schmale Gänge zu passen (3-5 m breit und 3-4 m hoch); Belüftungssystem (Luftmenge ≥ 3 m³/s·Person) zur Gewährleistung der Betriebssicherheit; Automatisierte Steuerungen, wie z. B. ferngesteuerte Gesteinsbohrhämmer, steigern die Effizienz und reduzieren die Arbeitsrisiken. Untertagebaumaschinen müssen regelmäßig gewartet werden, um dem hohen Verschleiß standzuhalten, die Erzgewinnung (70-90 %) und die Konsistenz des Gehalts zu gewährleisten und ein stabiles Ausgangsmaterial für die Produktion von Molybdänblechen bereitzustellen.

5.2 Aufbereitungsanlagen für Molybdänerz

Die Aufbereitungsanlage dient der Verarbeitung von minderwertigem Molybdänerz (0,1-0,3 % Molybdängehalt) zu hochwertigem Molybdänkonzentrat (50-60 % Molybdängehalt), das das Kernglied bei der Aufbereitung von Rohstoffen für die Herstellung von Molybdänblechen darstellt. Zu den Mineralaufbereitungsanlagen gehören Brechanlagen, Mahlanlagen, Klassifizierungsanlagen und Flotationsanlagen, die Molybdänit durch physikalische und chemische Methoden von verwandten Mineralien (wie Quarz und Magnetit) trennen. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Funktionen, der Leistung und der wichtigsten Betriebspunkte dieser Geräte.

5.2.1 Zerkleinerungsanlagen für Molybdän Erz

Mit der Brechanlage wird das Roherz (0,1-1 m) auf eine geeignete Korngröße (10-50 mm) für die Aufbereitung zerkleinert und damit die Grundlage für die anschließende Vermahlung und Flotation gelegt. Zur Hauptausrüstung gehören ein Backenbrecher, ein Kegelschleifer und ein Prallbrecher. Backenbrecher (z.B. PE-Serie, Leistung 75-200 kW) werden für die Primärzerkleinerung verwendet, mit einer Verarbeitungskapazität von 100-1000 t/h, Zerkleinerung von Erz bis 50-150 mm, geeignet für Molybdänit mit hoher Härte. Kegelschleifer (z.B. Serie HP, 200-500 kW) werden für die Nachzerkleinerung mit einer Korngröße von 10-50 mm und einem Brechverhältnis von bis zu 4:1 eingesetzt und sind mit einem hydraulischen Verstellsystem ausgestattet, um eine gleichmäßige Korngröße zu gewährleisten. Der Prallbrecher wird für die Feinzerkleinerung eingesetzt, ist für Erze mit hohem Gangartgehalt geeignet und erzeugt eine Korngröße von 5-20 mm. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Ausrüstung muss mit verschleißfesten Auskleidungen (z. B. Stahl mit hohem Mangangehalt) ausgestattet sein, um der abrasiven Natur von Molybdän standzuhalten; Das Vibrationssieb (Siebloch 10-50 mm) wird in Kombination mit dem Brecher eingesetzt, um sicherzustellen, dass die Korngröße den Anforderungen entspricht; Die Staubbekämpfung (Sprüh- oder Beutelentfernung, Staubkonzentration $<10 \text{ mg/m}^3$) entspricht den Umweltstandards. Der effiziente Betrieb der Brechanlage stellt sicher, dass das Erz vollständig dissoziiert wird und einen qualitativ hochwertigen Input für die Aufbereitung liefert.

5.2.2 Mahlanlagen für Molybdän Erz

Die Mahlanlage veredelt das zerkleinerte Erz weiter auf -200 Mesh (ca. 74 Mikrometer), so dass der Dissoziationsgrad des Molybdänitmonomers mehr als 80 % erreicht, was den Anforderungen der Flotation entspricht. Die Hauptausrüstung ist die Kugelmühle und die Stabmühle. Kugelmühlen (z.B. MQG-Serie, 200-1000 kW) werden mit Hilfe von Stahlkugeln (20-100 mm Durchmesser) und Erzkollisionen gemahlen, mit einer Kapazität von 50-500 t/h und einer Mahlfeinheit von 70-80%-200 mesh, ausgestattet mit einem automatischen Steuerungssystem zur Optimierung der Vorschubgeschwindigkeit und -geschwindigkeit (20-30 U/min). Die Stabmühle wird für die grobe Vermahlung oder tonhaltige Erze eingesetzt, die Stahlstäbe (2-3 m Länge) werden für die Übermahlung zerkleinert und ergeben eine Korngröße von 0,5-2 mm. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Das Mahlmedium muss regelmäßig gewechselt werden, um die Effizienz zu erhalten (Kugelverbrauch von 0,5-1 kg/t); Die Nassvermahlung (Wasser-Erz-Verhältnis 1:1-2:1) reduziert den Staub und verbessert die Dissoziation; Die Vermahlung im geschlossenen Kreislauf wird mit Sichern kombiniert, um eine gleichmäßige Korngrößenverteilung (D50 ca. 50-100 Mikrometer) zu gewährleisten. Der hohe Wirkungsgrad der Mahlanlage wirkt sich direkt auf die Flotationsrückgewinnungsrate (85-95%) aus.

5.2.3 Sortieranlagen für Molybdän Erz

Sichter werden verwendet, um die Bodenaufschlammung nach Partikelgröße zu trennen und die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Flotationseffizienz zu optimieren, und zu den häufig verwendeten Geräten gehören Spiralsichter und Hydrozyklone. Spiralsichter (z.B. FG-Serie, Leistung 5-15 kW) trennen grobe ($>0,15$ mm) von feinen ($<0,15$ mm) durch Spiralmesser, mit einer Leistung von 20-200 t/h und einem Sortierwirkungsgrad von 70-85%.

Hydrozyklone (z.B. FX-Serie, Eingangsdruck 0,1-0,3 MPa) nutzen die Zentrifugalkraft, um feinkörnige Schlämme ($<0,1$ mm) mit hoher Klassiergenauigkeit (Fehler $<5\%$) und einer Kapazität von 10-100 m^3/h zu klassieren. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Der Sichter muss einen geschlossenen Kreislauf mit der Mühle haben, und das Rücklaufverhältnis (100-300 %) muss optimiert werden, um das Übermahlen zu reduzieren; Ausrüstungsauskleidungen (z. B. Polyurethan) für verbesserte Verschleißfestigkeit; Die Abwasserrecyclingquote $> 80 \%$, um den Wasserverbrauch zu senken. Die Sortieranlage stellt sicher, dass die Partikelgröße von Molybdänit für die Flotation geeignet ist und verbessert die Konzentratqualität.

5.2.4 Flotationsanlagen für Molybdänerz

Die Flotationsanlage nutzt die hydrophobe Trennung von Molybdänit, um Molybdänkonzentrat zu trennen, und die Kernausrüstung ist die Flotationsmaschine. Mechanisch gerührte Flotationszellen (z.B. SF- oder XCF-Serie, Leistung 15-100 kW) erzeugen durch ein Laufrad (Drehzahl 200-400 U/min) Blasen (Luft oder Stickstoff, Durchfluss 1-2 m^3/min), an denen Molybdänit an den Blasen haftet, um eine Schaumschicht zur Herstellung von Molybdänkonzentrat (50-60% Molybdängehalt) zu bilden. Die Flotationszelle hat ein Volumen von 4-20 m^3 und ist mit einem automatischen Dosiersystem (Xanthate 0,1-0,3 kg/t, Terpeneol 0,05-0,1 kg/t) und einer pH-Kontrolle von 8-10 ausgestattet. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Die Flotationszelle erfordert mehrere Tanks in Reihe (6-12 Tanks) für die grobe Trennung, Auswahl und Kehrung mit einer Rückgewinnungsrate von 85-95 %; Die Blasengröße (0,5-2 mm) und die Güllekonzentration (20-30 %) müssen genau gesteuert werden. Rückstände und Abwässer müssen aufbereitet werden (Recyclingquote $> 80 \%$), um Umweltstandards zu erfüllen. Der effiziente Betrieb der Flotationsanlage gewährleistet eine hohe Qualität und geringe Verunreinigungen des Molybdänkonzentrats und liefert hochwertige Rohstoffe für die Herstellung von Molybdänblechen.

5.3 Formanlagen für Molybdänbleche

Die Formanlage aus Molybdänblech ist das Kernwerkzeug für die Verarbeitung von hochreinem Molybdänpulver oder Molybdänrohling zu dünnem Blechmaterial, das sich direkt auf die Dickengenauigkeit, Oberflächenqualität und mechanischen Eigenschaften von Molybdänblech auswirkt. Die Formausrüstung umfasst hauptsächlich pulvermetallurgische Anlagen und Walzanlagen, von denen pulvermetallurgische Anlagen zur Herstellung von Molybdänknüppeln mit hoher Reinheit und gleichmäßiger Struktur verwendet werden, was das grundlegende Glied bei der Herstellung von Molybdänblechen ist. Durch die Verwendung fortschrittlicher Formanlagen gewährleistet CTIA GROUP LTD Molybdänblech eine hohe Präzision und Konsistenz der Produkte und erfüllt die Anforderungen der Elektronik-, Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturindustrie. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Erörterung der Funktionen, der Leistung und der Einsatzpunkte von Pulverpressanlagen und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Sinteranlagen in pulvermetallurgischen Anlagen.

5.3.1 Pulvermetallurgische Anlagen für Molybdänbleche

Pulvermetallurgische Anlagen werden verwendet, um hochreines Molybdänpulver (Reinheit $\geq 99,95\%$, Partikelgröße 1-10 Mikrometer) zu dichten Molybdänknüppeln zu verarbeiten, die die Grundlage für das anschließende Walzen oder direkte Formen von Molybdänblechen bilden. Der pulvermetallurgische Prozess besteht aus zwei Hauptschritten, dem Pulverpressen und dem Sintern, an denen Geräte wie kaltisostatische Pressen, hydraulische Pressen und Vakuumsinteröfen beteiligt sind. Diese Maschinen bilden die Grundlage für die Herstellung von Hochleistungs-Molybdänblechen, indem sie Druck, Temperatur und Atmosphäre präzise steuern, um eine hohe Dichte ($>98\%$) und einen geringen Gehalt an Verunreinigungen (Eisen, Kupfer < 20 ppm) zu gewährleisten.

5.3.1.1 Pulverpressanlagen für Molybdänbleche

Pulverpressanlagen werden verwendet, um Molybdänpulver in einen Rohling mit einer bestimmten Form und Festigkeit zu pressen, und zu den üblichen Geräten gehören kaltisostatische Pressen (CIP) und hydraulische Pressen. Kaltisostatische Pressen (z. B. CIP-400-Serie, Druck 100-400 MPa) üben einen gleichmäßigen Druck auf Molybdänpulver durch ein flüssiges Medium (z. B. Wasser oder Öl) aus und pressen es in Platten- oder Stabrohlinge (Größe 100-500 mm) mit einer Dichte von 60-70 %. Sein Vorteil ist, dass der Druck gleichmäßig verteilt wird, wodurch die Konzentration von Spannungen im Inneren des Knüppels vermieden wird, und er eignet sich für die Herstellung von großformatigen oder komplexen Formen von Molybdänknüppeln. Hydraulische Pressen (z.B. hydraulische Viersäulenpressen, Leistung 200-1000 kW) werden für das Einwegpressen verwendet, Druck 50-200 MPa, geeignet für kleine Zuschnitte (Dicke 10-50 mm), hohe Produktionseffizienz (1-3 Stück pro Minute). Während des Pressvorgangs muss das Molybdänpulver vorgeseiht werden (100-200 mesh) und eine kleine Menge Bindemittel (z. B. Polyvinylalkohol, 0,1-0,5 %) hinzugefügt werden, um die Festigkeit des Rohlings zu verbessern. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Formen müssen aus hochfestem Stahl oder Hartmetall bestehen, um hohen Drücken standzuhalten; Die Pressparameter (z. B. die Druckhaltezeit 10-30 Sekunden) müssen optimiert werden, um die Gleichmäßigkeit des Rohlings zu gewährleisten. Das Gerät ist mit einem Staubunterdrückungssystem (Staubkonzentration < 5 mg/m³) ausgestattet, um die Betriebsumgebung zu schützen. Der gepresste Molybdänknüppel bietet einen hochwertigen Input für das Sintern und gewährleistet eine gleichbleibende Leistung des nachfolgenden Molybdänblechs.

5.3.1.2 Sinteranlagen für Molybdänbleche

Die Sinteranlage wird verwendet, um den gepressten Molybdänknüppel bei hoher Temperatur zu einem Knüppel mit hoher Dichte zu konsolidieren, was der Kernschritt der Pulvermetallurgie ist. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören Vakuum-Sinteröfen und Wasserstoffschutz-Sinteröfen. Der Vakuum-Sinterofen (z. B. VSF-Serie, Leistung 100-500 kW) arbeitet bei einem Vakuumgrad von 10^{-3} - 10^{-5} Pa und einer Temperatur von 1800-2000 °C, und die Sinterzeit beträgt 2-6 Stunden, so dass die Molybdänpulverpartikel durch Diffusion kombiniert werden, die Korngröße bei 10-50 Mikrometern

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

gesteuert wird und die Dichte 98-99% erreicht. Die Vakuumumgebung verhindert effektiv die Oxidation und der Sauerstoffgehalt wird auf <50 ppm reduziert, was für die Herstellung von hochreinen Molybdänplatten ($\geq 99,95\%$) geeignet ist. Wasserstoffschutz-Sinterofen (Temperatur 1600-1900°C, Wasserstoffreinheit $\geq 99,99\%$, Durchflussmenge 1-2 m³/h) entfernt Spurenoxide durch eine reduzierende Atmosphäre, geeignet für Molybdänbleche mit normaler Reinheit (99-99,9%). Die Zugfestigkeit des gesinterten Molybdänknüppels beträgt etwa 500-700 MPa, und die Dichte liegt nahe am theoretischen Wert (10,22 g/cm³). Zu den wichtigsten Punkten gehören: präzise Steuerung der Anlaufgeschwindigkeit (5-10 °C/min), um Knüppelrisse zu vermeiden; Überwachung der Ofenatmosphäre, um sicherzustellen, dass kein Sauerstoff austritt; Die Abkühlgeschwindigkeit (10-20°C/min) optimiert die Kornstruktur. Die hohe Leistungsfähigkeit der Sinteranlage sorgt für eine hohe Dichte und geringe Verunreinigungen des Molybdänknüppels, der eine hochwertige Basis für die anschließende Walzverarbeitung bietet und die Anforderungen von elektronischen Targets und Hochtemperaturbauteilen erfüllt.

5.3.2 Walzanlagen für Molybdänbleche

Walzanlagen sind das Kernwerkzeug im Molybdänblechformprozess, der verwendet wird, um gesinterte Molybdänknüppel zu dünnen Blechen mit spezifischer Dicke, Größe und Leistung zu verarbeiten, und der in der Elektronik-, Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturindustrie weit verbreitet ist. Die Walzausrüstung ist unterteilt in ein Warmwalzwerk und ein Kaltwalzwerk, die zur Herstellung von dickeren (0,5-3 mm) bzw. ultradünnen (0,01-0,1 mm) Molybdänblechen eingesetzt werden und die Kornstruktur, Festigkeit und Oberflächenqualität von Molybdänblechen durch präzise Steuerung des Verformungsgrads, der Temperatur und der Atmosphäre optimieren. CTIA GROUP LTD Molybdänblech verlässt sich auf fortschrittliche Walzanlagen, um die hohe Präzision und Konsistenz der Produkte zu gewährleisten und die Anforderungen von High-End-Anwendungen zu erfüllen. Im Folgenden werden die Funktionen, die Leistung und die wichtigsten Betriebspunkte von Warm- und Kaltwalzwerken für Molybdänbleche ausführlich erläutert.

5.3.2.1 Warmwalzwerke für Molybdänbleche

Das Warmwalzwerk wird zum Mehrgangwalzen von Molybdänknüppeln bei hohen Temperaturen (1000-1400 °C) verwendet, um Molybdänbleche mit einer Dicke von 0,5 bis 3 mm herzustellen, die für Hochtemperatur-Ofenkomponenten und Strukturteile für die Luft- und Raumfahrt geeignet sind. Häufig verwendete Anlagen sind ein Four-High-Warmwalzwerk oder ein reversibles Warmwalzwerk (z. B. SMS Group-Ausrüstung, 500-2000 kW), das mit einem Vakuum- oder Inertgasschutzsystem (z. B. Argon) ausgestattet ist, um die Molybdänoxidation bei hohen Temperaturen zu verhindern, um flüchtiges MoO₃ zu bilden. Der Arbeitswalzendurchmesser des Warmwalzwerks beträgt 300-600 mm, die Walzgeschwindigkeit beträgt 1-5 m/min und die Verformung wird jedes Mal bei 20-30% kontrolliert, um Risse zu vermeiden. Molybdänknüppel (normalerweise durch pulvermetallurgisches Verfahren hergestellt, Dicke 10-50 mm) wird in einem Vorwärmmoden auf 1100-1300 °C erhitzt und gelangt dann in das Walzwerk, wo er in mehreren Durchgängen (6-10 Durchgängen) mit einer Korngröße von 50-100 Mikrometern allmählich verdünnt wird, wodurch das Molybdänblech eine gute Duktilität (Bruchdehnung 10-15%) und eine Hochtemperaturfestigkeit (ca. 500 MPa bei 1200 °C) aufweist. Die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Oberflächenrauheit beträgt in der Regel Ra 1,0-2,0 µm und kann durch Beizen optimiert werden. Zu den wichtigsten Punkten gehören: präzise Kontrolle des Walzenspalts und der Temperatur (Abweichung < 10 °C), um Dickentoleranzen ($\pm 0,05$ mm) zu gewährleisten; Schützt die Reinheit der Atmosphäre ($\geq 99,99\%$) vor Oxidation; Ausgestattet mit einem Inline-Dickenmessgerät und einem Kühlsystem (Abkühlrate 10-20 °C/min) zur Optimierung der Kornstruktur. Die Vorteile des Warmwalzwerks sind eine hohe Produktionseffizienz (10-50 Tonnen pro Tag), geeignet für die Großserienproduktion und weit verbreitet bei der Herstellung von Auskleidungen chemischer Anlagen und Hochtemperatur-Ofenheizelementen.

5.3.2.2 Kaltwalzwerk für Molybdänbleche

Darüber hinaus walzt das Kaltwalzwerk warmgewalzte Molybdänbleche oder gesinterte Molybdänzuschnitte bei oder nahe Raumtemperatur zu ultradünnen Molybdänblechen mit einer Dicke von 0,01-1 mm, die für Halbleitertargets und mikroelektronische Substrate geeignet sind. Die häufig verwendete Ausrüstung ist ein hochpräzises Kaltwalzwerk mit vier oder mehreren Walzen (z. B. Sendzimir-Walzwerk, 200-1000 kW), das mit hochfesten Arbeitswalzen (Durchmesser 100-300 mm, Härte HRC 60-65) und einem automatischen Walzspaltkontrollsystem (Genauigkeit $\pm 0,001$ mm) ausgestattet ist. Die Verformung des Kaltwalzens wird jedes Mal mit 10-20 % kontrolliert, und die Walzgeschwindigkeit beträgt 0,5-3 m/min, um Risse durch Kaltverfestigung zu vermeiden. Kaltgewalzte Molybdänbleche haben eine geringe Korngröße (5-20 Mikrometer) und eine Zugfestigkeit von 900-1200 MPa, aber eine geringe Duktilität (Bruchdehnung 5-8%) und Zähigkeit (Bruchdehnung 10-12%) durch Spannungsarmglühen (800-1100°C). Die Oberflächenqualität ist ausgezeichnet, die Rauheit nach dem Polieren kann Ra 0,4 Mikrometer erreichen und die Dickentoleranz wird bei $\pm 0,005$ mm kontrolliert.

Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: die Verwendung von Schmiermitteln auf Ölbasis (Viskosität 10-20 cSt) zur Reduzierung von Oberflächenfehlern; Ausgestattet mit Inline-Fehlererkennung (z. B. Laserscanning) zur Sicherstellung der Oberflächenqualität; Glühöfen müssen vakuum- oder wasserstoffgeschützt sein (Reinheit $\geq 99,99\%$), um Oxidation zu verhindern. Das Kaltwalzwerk hat den Vorteil, dass es ultradünne, hochpräzise Molybdänbleche für anspruchsvolle Anwendungen in der Elektronikindustrie, wie z. B. Dünnschichtabscheidung und Röntgenröhrenbaugruppen, herstellen kann, jedoch mit hohen Anlagenkosten und regelmäßiger Wartung von Walzenoberflächen und Steuerungssystemen.

5.4 Leistungsprüfgeräte für Molybdänbleche

Leistungsprüfgeräte für Molybdänbleche werden verwendet, um ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften zu bewerten und sicherzustellen, dass die Produkte die strengen Anforderungen der Elektronik-, Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturindustrie erfüllen. Die Prüfgeräte decken Schlüsselparameter wie Dichte, Schmelzpunkt, elektrische und thermische Leitfähigkeit ab und liefern durch hochpräzise Instrumente zuverlässige Daten, um die Reinheit, Struktur und Funktionalität von Molybdänblechen zu überprüfen. Das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD hat fortschrittliche Testgeräte durchlaufen, um sicherzustellen, dass die Leistungsparameter der Norm ASTM B386

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

entsprechen, wie z. B. eine Dichte von $10,22 \text{ g/cm}^3$ und einen spezifischen Widerstand von etwa $5,2 \times 10^{-8} \Omega \text{ nm}$ und eine Wärmeleitfähigkeit von etwa $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Erörterung der Typen, Funktionen und Betriebspunkte von Dichtemessgeräten, Schmelzpunktprüfgeräten, Leitfähigkeitsprüfgeräten und Wärmeleitfähigkeitsprüfgeräten für Molybdänbleche.

5.4.1 Dichtemessgeräte für Molybdänbleche

Dichtemessgeräte werden verwendet, um die Dichte von Molybdänplatten (theoretischer Wert $10,22 \text{ g/cm}^3$) zu bestimmen, um ihre Dichte und Reinheit zu bewerten, die für die Qualitätskontrolle und Materialzertifizierung geeignet sind. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören das Archimedes-Drainagegerät und ein Röntgen-Densitometer. Archimedes Drainagegeräte (z.B. Mettler Toledo Dichtemessgerät, Genauigkeit $\pm 0,001 \text{ g/cm}^3$) berechnen die Dichte durch Messung der Masse des Molybdänblechs in Luft und Flüssigkeit (in der Regel deionisiertes Wasser) mit einem Prüfbereich von $0,1\text{-}20 \text{ g/cm}^3$ und sind für Molybdänbleche mit einer Dicke von $0,01\text{-}3 \text{ mm}$ geeignet. Während des Betriebs muss das Molybdänblech gereinigt werden (Ultraschallreinigung, Ölentfernung wird entfernt), Luftblasen beim Eintauchen in Flüssigkeit sollten vermieden werden und der Messfehler sollte auf $\pm 0,01 \text{ g/cm}^3$ kontrolliert werden. Röntgendensitometer (z. B. PANalytical X'Pert, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,005 \text{ g/cm}^3$) analysieren die Dichte von Materialien durch Röntgenabsorption, ohne die Probe zu zerstören, und eignen sich daher für eine hochpräzise Detektion. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Kalibrierung von Geräten, um die Genauigkeit zu gewährleisten (unter Verwendung von Standardproben wie reinen Molybdänblöcken); Die Testumgebung muss auf einer konstanten Temperatur ($20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) gehalten werden, um den Effekt der Wärmeausdehnung zu eliminieren. Mehrere Messungen werden gemittelt, um die Zuverlässigkeit zu verbessern. Dichtemessgeräte detektieren mikroskopisch kleine Defekte (z. B. Porosität $< 2 \%$) in Molybdänblechen, um sicherzustellen, dass sie für Halbleitertargets und Hochtemperaturkomponenten geeignet sind.

5.4.2 Schmelzpunktprüfgeräte für Molybdänbleche

Schmelzpunktprüfgeräte werden verwendet, um den Schmelzpunkt von Molybdänblechen (ca. $2620 \text{ }^\circ\text{C}$) zu überprüfen, um ihre Leistung und Reinheit bei hohen Temperaturen zu bestätigen, geeignet für Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturofenanwendungen. Häufig verwendete Geräte sind Hochtemperatur-Differenz-Scanning-Kalorimetrie (DSC) und Laser-Flash-Schmelzgeräte. Die Hochtemperatur-DSC (z. B. Netzsch STA 449, Temperaturbereich $25\text{-}2800 \text{ }^\circ\text{C}$, Genauigkeit $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$) bestimmt den Schmelzpunkt durch Erhitzen einer Molybdänblechprobe (Masse $5\text{-}10 \text{ mg}$) und Aufzeichnung endothermer Peaks, ausgestattet mit Wolframtiegel und Argonschutz (Reinheit $\geq 99,99 \%$), um eine Oxidation zu verhindern. Laser-Flash-Schmelzgeräte (z. B. LFA 467, Temperaturbereich $1000\text{-}3000 \text{ }^\circ\text{C}$) erwärmen die Oberfläche des Molybdänblechs durch einen Laserpuls, kombiniert mit einem Infrarot-Thermometer zur Aufzeichnung der Schmelztemperatur, und die Testzeit ist kurz ($< 1 \text{ Minute}$), was für eine schnelle Detektion geeignet ist. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Proben müssen von hoher Reinheit ($\geq 99,95 \%$) sein, um Verunreinigungen und einen niedrigeren Schmelzpunkt zu vermeiden; Die Prüfatmosphäre muss streng kontrolliert werden (Sauerstoffgehalt $< 10 \text{ ppm}$); Das

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Gerät muss regelmäßig kalibriert werden (mit Wolframstandards, Schmelzpunkt 3422 °C). Die Schmelzpunktprüfausrüstung gewährleistet die Stabilität von Molybdänblechen in Hochtemperaturumgebungen (z. B. Vakuumöfen), und der Fehler wird innerhalb von ± 10 °C kontrolliert.

5.4.3 Leitfähigkeitsprüfgeräte für Molybdänbleche

Leitfähigkeitsprüfgeräte werden verwendet, um den spezifischen Widerstand von Molybdänblechen (ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$) zu messen, um ihre elektrischen Eigenschaften zu bewerten, die für Elektroden- und Zielanwendungen in der Elektronikindustrie geeignet sind. Häufig verwendete Geräte sind ein Vier-Sonden-Tester und ein Leitfähigkeitsmessgerät. Ein Vier-Sonden-Tester (z. B. Keithley 2635B, Genauigkeit $\pm 0,01$ %) berechnet den spezifischen Widerstand des Molybdänblechs, indem es einen konstanten Strom (1-100 mA) anlegt und die Spannung durch vier äquidistante Sonden (1-2 mm Abstand) mit einem Prüfbereich von 10^{-9} - $10^{-6} \Omega \cdot \text{nm}$ misst, geeignet für Molybdänbleche mit einer Dicke von 0,01-3 mm. Leitfähigkeitsmessgeräte (z.B. Sigmascope SMP350, Frequenz 10-100 kHz) messen die Leitfähigkeit (in S/m) im Wirbelstromverfahren berührungslos und eignen sich für die schnelle Detektion großer Flächen von Molybdänblechen. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Die Oberfläche des Molybdänblechs muss poliert werden ($R_a \leq 0,4$ Mikrometer), um den Kontaktwiderstand zu reduzieren, und die Testumgebung muss eine konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit (20 ± 1 °C, Luftfeuchtigkeit < 50 %) haben, um Interferenzen zu vermeiden; Mehrere Messungen (mindestens 5 Mal) werden gemittelt, um die Genauigkeit zu gewährleisten. Das Vier-Sonden-Tester detektiert den Korngrenz Widerstand und die Verunreinigungseffekte von Molybdänblechen und stellt so deren Leitfähigkeitsstabilität bei der Halbleiter-Dünnschichtabscheidung sicher.

5.4.4 Prüfgeräte für die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen

Das Wärmeleitfähigkeitsprüfgerät wird zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen (ca. $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) und zur Bewertung ihrer Wärmemanagementleistung verwendet und eignet sich für Wärmeableitungssubstrate und Hochtemperaturofenkomponenten. Häufig verwendete Geräte sind Laser-Flash-Wärmeleitfähigkeitsmessgeräte und stationäre Wärmeflussgeräte. Die Wärmeleitfähigkeit des Laserblitzes (z.B. Netzsch LFA 467, Genauigkeit $\pm 3\%$) erwärmt eine Seite des Molybdänblechs (Probengröße $10 \times 10 \times 0,5$ - 3 mm) per Laserpuls, das Infrarot-Thermometer erfasst den Temperaturanstieg auf der anderen Seite, berechnet die Wärmeleitfähigkeit, prüft den Temperaturbereich 20-1500°C und ist mit einem Argonschutz (Reinheit $\geq 99,99\%$) ausgestattet, um eine Oxidation zu verhindern. Stationäre Wärmeflussgeräte (z. B. Hot Disk TPS 2500S, mit einer Genauigkeit von ± 2 %) messen den Temperaturgradienten unter einem stetigen Wärmefluss, indem sie eine Thermosonde in die Molybdänscheibe einbetten, und sind für große Proben (20×20 mm) geeignet. Zu den wichtigsten Punkten gehören eine flache Probenoberfläche ($R_a \leq 0,4 \mu\text{m}$), um den thermischen Kontakt zu gewährleisten, die Prüfung im Vakuum oder in inerter Atmosphäre, um Oxidationseffekte zu vermeiden, und die Gerätekalibrierung mit Standardproben (z. B. Edelstahl, Wärmeleitfähigkeit $16 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Wärmeleitfähigkeitsprüfgeräte überprüfen die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänplatten und stellen ihre Leistung in elektronischen Gehäusen und bei Hochtemperatur-Wärmeabschirmungen mit einem Fehler von $\pm 5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ sicher.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.5 Prüfgeräte für die mechanischen Eigenschaften von Molybdänblech

Geräte zur Prüfung mechanischer Eigenschaften werden verwendet, um die Festigkeit, Härte, Zähigkeit und Ermüdungsbeständigkeit von Molybdänblechen zu bewerten und sicherzustellen, dass sie den anspruchsvollen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt-, Elektronik- und Hochtemperaturindustrie entsprechen. Diese Geräte messen wichtige Parameter wie Zugfestigkeit, Härte und Bruchzähigkeit von Molybdänblechen durch mechanische Lasten oder Stöße und bieten Datenunterstützung für die Qualitätskontrolle und Materialzertifizierung. Das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD erfüllt die Norm ASTM B386 durch fortschrittliche Prüfgeräte für mechanische Eigenschaften, um sicherzustellen, dass seine Zugfestigkeit (800-1200 MPa), Härte (220-250 HV) und Zähigkeit (Bruchzähigkeit 10-15 MPa·m^{1/2}) der Norm ASTM B386 entsprechen. Im Folgenden werden die Funktionen, Leistungsfähigkeit und Einsatzpunkte von universellen Materialprüfmaschinen, Härteprüfgeräten und Schlagprüfmaschinen bei der Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen ausführlich erläutert.

5.5.1 Universelle Materialprüfmaschine zur Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen

Die Universal Materials Testing Machine (UTM) ist das Herzstück für die Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen, das zur Messung der Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung und des Elastizitätsmoduls eingesetzt wird und für Molybdänbleche mit einer Dicke von 0,01-3 mm geeignet ist. Häufig verwendete Geräte wie der Instron 5982 oder die MTS Criterion-Serie (Lastbereich 1-100 kN mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$) bewerten die Leistungsfähigkeit von Molybdänblechen durch Zug-, Druck- oder Biegeversuche. Bei einem Zugversuch wird eine Molybdänblechprobe (Standardgröße wie ASTM E8, Breite 5-10 mm) zwischen den Vorrichtungen fixiert, bis zum Bruch mit einer konstanten Geschwindigkeit (1-10 mm/min) gedehnt und eine Spannungs-Dehnungs-Kurve aufgezeichnet, um die Zugfestigkeit (800-1200 MPa), die Streckgrenze (ca. 600-900 MPa) und die Bruchdehnung (5-15%) anzugeben. Der Hochtemperatur-Zugversuch (1000-1500°C) muss mit einem Hochtemperaturofen (Argonschutz, Reinheit $\geq 99,99\%$) ausgestattet werden, um die tatsächlichen Arbeitsbedingungen zu simulieren und die Hochtemperaturfestigkeit (ca. 500-700 MPa bei 1200°C) zu testen. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Polieren der Probenoberfläche ($R_a \leq 0,4$ Mikrometer), um Spannungskonzentrationen zu vermeiden, Genauigkeit der Vorrichtungsausrichtung ($< 0,1$ mm), um die Konsistenz des Tests zu gewährleisten; Die Testumgebung muss eine konstante Temperatur (20 ± 1 °C) oder eine streng kontrollierte Hochtemperaturatmosphäre (Sauerstoffgehalt < 10 ppm) sein. Universelle Materialprüfmaschinen bewerten die mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen genau und gewährleisten ihre Zuverlässigkeit in Luft- und Raumfahrtstrukturen und Hochtemperaturofenkomponenten.

5.5.2 Der Härteprüfer prüft die mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen

Das Härteprüfgerät wird verwendet, um die Härte von Molybdänblechen zu messen, die ihre

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Beständigkeit gegen Verformung und Verschleiß widerspiegelt, und ist ein wichtiges Werkzeug zur Bewertung ihrer mechanischen Eigenschaften. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören Vickers-Härteprüfer (z. B. Wilson VH3300, 0,1-10 kgf, Genauigkeit ± 1 HV) und Brinell-Härteprüfer (z. B. ZwickRoell ZHU250, 5-3000 kgf). Bei der Vickers-Härteprüfung wird eine Belastung von 1-5 kgf auf die Oberfläche des Molybdänblechs (poliert auf $Ra \leq 0,4$ Mikrometer) aufgebracht, die Probe durch einen Diamanteindringkörper (136° Kegelwinkel) gepresst, die diagonale Länge des Eindrucks gemessen und der Härtewert berechnet (220-250 HV für hochreines Molybdänblech, 300-350 HV für TZM-Legierung). Bei der Brinell-Härteprüfung wird ein Hartmetall-Kugleindringkörper (Durchmesser 2,5-10 mm) für dickere Molybdänbleche (>1 mm) mit einem Härtewert von ca. 230-260 HB verwendet. Der Test sollte in einer Umgebung mit konstanter Temperatur (20 ± 1 °C) durchgeführt werden, und es sollten mindestens 5 Punkte gemittelt werden, um die Auswirkungen der Korninhomogenität zu verringern. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Die Probenoberfläche muss sauber und frei von Oxidschichten sein (Beizen oder Ultraschallreinigung); Der Eindringkörper und die Belastung sollten entsprechend der Dicke ausgewählt werden (geringe Belastung für dünnes Blech $< 0,1$ mm); Das Gerät muss regelmäßig kalibriert werden (mit Standard-Härteblöcken). Die Prüfergebnisse des Härteprüfgeräts können die Kaltverfestigungswirkung und die Verschleißfestigkeit von Molybdänblechen überprüfen und eignen sich für elektronische Targets und Beschichtungssubstrate für Schneidwerkzeuge.

5.5.3 Schlagprüfmaschine zur Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Molybdänblechen

Schlagprüfmaschinen werden eingesetzt, um die Zähigkeit und Schlagzähigkeit von Molybdänblechen zu bewerten und ihre Leistung unter dynamischen Belastungen durch Messung der Bruchzähigkeit (K_{IC}) oder der Schlagabsorptionsenergie zu überprüfen. Häufig verwendete Geräte sind Charlest Schlagprüfgeräte (z. B. ZwickRoell HIT-Serie, Energiebereich 5-300 J, Genauigkeit $\pm 0,1$ J) und Fallgewichts-Schlagprüfgeräte (z. B. Instron Dynatup, Energie 50-1000 J). Der Charlest-Schlagversuch wendet einen momentanen Aufprall auf eine Standardprobe (z. B. ASTM E23, Größe $10 \times 10 \times 55$ mm mit V-Kerbe) an und zeichnet die beim Bruch absorbierte Energie (ca. 5-15 J für Molybdänbleche) auf und spiegelt deren Zähigkeit wider (Bruchzähigkeit $10-15$ MPa \cdot m $^{1/2}$). Der Fallgewichtstest eignet sich für dünne Molybdänbleche (0,01-1 mm dick), misst die Stoßfestigkeit durch Freifallaufprall (Höhe 0,5-2 m) und eignet sich zur Simulation der Schwingungsumgebung von Luft- und Raumfahrtkomponenten. Der Hochtemperatur-Schlagtest (1000 °C) muss mit einem Argon-Schutzofen (Reinheit $\geq 99,99$ %) ausgestattet werden, um eine Oxidation zu verhindern. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Die Probenkerben müssen präzise bearbeitet werden (2 mm Tiefe, 45° Winkel); Die Prüftemperatur muss geregelt werden (20 ± 1 °C oder hohe Temperatur ± 10 °C); Mehrere Tests (mindestens 3 Mal) werden gemittelt, um die Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

Molybdenum sheet is a thin metal sheet made from high-purity molybdenum through rolling processes. It features excellent high-temperature resistance, thermal conductivity, and mechanical strength. It is widely used in electronics, metallurgy, vacuum equipment, aerospace, and lighting industries as heating elements, thermal shields, or structural components. With a smooth surface and precise dimensions, molybdenum sheets can be customized in various specifications to meet the requirements of advanced manufacturing and scientific research equipment.

2. Features of Molybdenum Sheet

High Purity Material: Purity $\geq 99.95\%$, with extremely low impurity levels

High-Temperature Resistance: Melting point up to 2610°C , stable performance in extreme conditions

Excellent Workability: High flatness, smooth surface, easy to punch, shear, and weld

Customizable Specifications: Various sizes and thicknesses available to suit different processes

3. Specifications of Molybdenum Sheet

Parameter	Specification
Purity	$\geq 99.95\%$
Thickness	0.01 mm - 3.00 mm
Width	50 mm - 600 mm
Length	Custom lengths or supplied in coil
Surface Finish	Polished, Alkali-cleaned, Sandblasted
Thickness Tolerance	± 0.005 mm - ± 0.2 mm
Surface Roughness	Ra 0.8 μm – Ra 3.2 μm

4. Production Process

Molybdenum Ingot (Raw Material) \rightarrow Inspection \rightarrow Hot Rolling \rightarrow Leveling & Annealing \rightarrow Alkali Cleaning \rightarrow Inspection \rightarrow Warm Rolling \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Cold Rolling \rightarrow Leveling \rightarrow Shearing \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Packaging

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 6 Prüfverfahren für die Leistung von Molybdänblechen

Leistungsprüfmethoden für Molybdänbleche werden verwendet, um ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften genau zu bewerten und sicherzustellen, dass sie die strengen Anforderungen der Elektronik-, Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturindustrie erfüllen. Die Prüfmethode deckt Schlüsselparameter wie Dichte, Schmelzpunkt und thermische Stabilität ab und liefert zuverlässige Daten, um die Reinheit, Struktur und Funktionalität von Molybdänblechen durch standardisierte Prozesse und Geräte zu überprüfen. Die Molybdän-Chips der CTIA GROUP LTD werden nach internationalen Standards (z. B. ASTM B386) getestet, um sicherzustellen, dass Leistungsparameter wie Dichte ($10,22 \text{ g/cm}^3$), Schmelzpunkt (2620 °C) und hohe Temperaturstabilität den Erwartungen entsprechen.

6.1 Prüfverfahren für die Dichte von Molybdänblech

Das Prüfverfahren für die Dichte von Molybdänblechen wird verwendet, um seine Dichte (theoretischer Wert $10,22 \text{ g/cm}^3$) zu messen, um die Dichte und Reinheit des Materials zu bewerten, das für die Qualitätskontrolle und Zertifizierung geeignet ist. Häufig verwendete Methoden sind die Archimedes-Drainagemethode und die Röntgengichteanalyse.

Basierend auf dem Prinzip des Auftriebs misst die Archimedes-Entwässerungsmethode die Massendifferenz von Molybdänblechen in Luft und Flüssigkeit, berechnet die Dichte und die Genauigkeit kann $\pm 0,01 \text{ g/cm}^3$ erreichen, was für Molybdänbleche mit einer Dicke von $0,01\text{-}3 \text{ mm}$ geeignet ist. Der Testprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Ultraschallreinigung von Molybdänblechen (5 Minuten, Ölentfernung), Trocknung (60°C , 10 Minuten); 2) Wiegen mit einer

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

hochpräzisen elektronischen Waage (z. B. Mettler Toledo XS205, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ mg) zur Messung der Masse in der Luft (m_1); 3) Immersionsmessung, das Molybdänblech wird in deionisiertem Wasser (Dichte $\rho_0=1$ g/cm³, 20 °C) suspendiert, um sicherzustellen, dass keine Blasen anhaften, und die Masse im Wasser (m_2) wird aufgezeichnet; 4) Berechnen Sie die Dichte, die Formel lautet $\rho=m_1/(m_1-m_2)\cdot\rho_0$, und wiederholen Sie die Messung 3-5 Mal, um den Durchschnittswert zu ermitteln.

Bei der Röntgendichtemessung wird ein Röntgendichtemessgerät (z. B. PANalytical X'Pert) verwendet, um die Dichte aus der Röntgenabsorptionsintensität mit einer Genauigkeit von $\pm 0,005$ g/cm³ zu berechnen, ohne die Probe zu zerstören, wodurch sie für eine hochpräzise Detektion geeignet ist. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Testumgebung muss auf einer konstanten Temperatur (20 ± 1 °C) gehalten werden, um die Auswirkungen der Wärmeausdehnung zu eliminieren. Die Probenoberfläche muss flach sein ($R_a \leq 0,4$ µm), um Fehler zu reduzieren, und Kalibriergeräte verwenden Standardproben (z. B. reine Molybdänblöcke). Bei der Dichteprüfung werden Porositäts- (Zielwert < 2 %) und Verunreinigungseffekte nachgewiesen, um sicherzustellen, dass die Molybdänschicht für Halbleitertargets und Hochtemperaturkomponenten geeignet ist.

6.2 Prüfverfahren für den Schmelzpunkt von Molybdänblech

Die Prüfmethode für den Schmelzpunkt von Molybdänblechen wird verwendet, um ihren Schmelzpunkt (ca. 2620 °C) zu überprüfen, um die Leistung und Reinheit bei hohen Temperaturen zu bestätigen, und eignet sich für Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturofenanwendungen. Häufig verwendete Methoden sind die dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) und das Laser-Flash-Schmelzen. Die DSC-Methode misst den endothermen Peak des Molybdänblechs während des Erhitzungsprozesses mit einem Hochtemperatur-Differenz-Scanning-Kalorimeter (z. B. Netzsch STA 449, Temperaturbereich 25-2800 °C, Genauigkeit ± 5 °C). Der Testprozess bestand aus: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (5-10 mg, Dicke 0,1-1 mm), Polieren ($R_a \leq 0,4$ µm) und Ultraschallreinigung, 2) Probenbeladung, Platzieren der Probe in einen Wolframtiegel und Platzieren in einer Argon-Schutzatmosphäre (Reinheit $\geq 99,99$ %, Sauerstoffgehalt < 10 ppm); 3) Erhitzen, Erhitzen auf 2800 °C mit einer Geschwindigkeit von 5-10 °C/min, Aufzeichnen der endothermen Spitzentemperatur als Schmelzpunkt; 4) Datenanalyse, wiederholen Sie den Test 3 Mal, um den Durchschnitt zu ermitteln. Beim Laser-Flash-Schmelzverfahren wird ein Laser-Flash-Schmelzgerät (z. B. LFA 467, Temperaturbereich 1000-3000 °C) verwendet, um die Oberfläche des Molybdänblechs (Bereich 5×5 mm) durch Laserimpulse schnell zu erwärmen, und das Infrarot-Thermometer zeichnet die Schmelztemperatur auf, und die Prüfzeit beträgt < 1 Minute. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Proben müssen von hoher Reinheit ($\geq 99,95$ %) sein, um Verunreinigungen und einen niedrigeren Schmelzpunkt zu vermeiden; Die Prüfatmosphäre muss streng kontrolliert werden, um Oxidation zu verhindern. Das Gerät wird anhand einer Standardprobe (z. B. Wolfram, Schmelzpunkt 3422 °C) kalibriert. Der Schmelzpunktprüffehler wird bei ± 10 °C kontrolliert, um die Stabilität von Molybdänblechen in Vakuumöfen oder Hochtemperaturkomponenten zu gewährleisten.

6.3 Prüfverfahren für die thermische Stabilität von Molybdänblechen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Das Prüfverfahren für die thermische Stabilität von Molybdänblechen dient der Bewertung der Gefüge- und Leistungsstabilität in Hochtemperaturumgebungen, insbesondere in oxidierenden oder Vakuumatmosphären, und eignet sich für Hochtemperaturöfen und Luft- und Raumfahrtanwendungen. Die Prüfung der thermischen Stabilität wird hauptsächlich durch thermogravimetrische Analyse (TGA) und Hochtemperaturglühverfahren durchgeführt. Bei der TGA-Methode wird ein thermogravimetrischer Analysator (z. B. TA Instruments Q500, Temperaturbereich 25-1500 °C, Genauigkeit $\pm 0,1\%$) verwendet, um die Massenänderung von Molybdänblechen bei hohen Temperaturen zu messen und die Oxidationsneigung und den Flüchtigkeitsverlust zu beurteilen. Der Testprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (10-20 mg, Dicke 0,1-1 mm), Ultraschallreinigung und -trocknung, 2) Testumgebung, Argon (Reinheit $\geq 99,99\%$) oder Luftatmosphäre, Heizrate 5-10°C/min auf 600-1500°C; 3) Aufzeichnung der Daten und Messung der Massenverlustrate (der Zielwert $< 0,1\%$ Argon bei 1000 °C, und MoO₃ kann über 600 °C in der oxidierenden Atmosphäre erzeugt werden); 4) Analysieren Sie die Oxidationsstarttemperatur und die Verflüchtigungsrate. Das Prüfverfahren des Hochtemperaturglühens wird in einem Vakuumglühofen (z.B. Carbolite Gero, Temperatur 1000-2000°C, Vakuumgrad 10^{-5} Pa) durchgeführt. In einem Vakuumglühofen (z.B. Carbolite Gero, Temperatur 1000-2000°C, Vakuumgrad 10^{-5} Pa) wurden die Molybdänschichten auf 1200-1500 °C erhitzt, 1-4 Stunden inkubiert und die Oberflächentopographie (REM-Beobachtung) und die Kornveränderungen (Röntgenbeugung) überprüft. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Polieren der Oberfläche der Probe ($R_a \leq 0,4 \mu\text{m}$), um den Oxidationspunkt zu reduzieren, und eine streng kontrollierte Testatmosphäre (Sauerstoffgehalt $< 10 \text{ ppm}$); Mehrere Tests (3-5 Mal), um die Stabilität zu überprüfen. Thermische Stabilitätstests bestätigen die Oxidationsbeständigkeit und strukturelle Integrität von Molybdänblechen bei hohen Temperaturen und gewährleisten ihre Zuverlässigkeit in der thermischen Abschirmung von Vakuumöfen oder in Raketendüsenauskleidungen.

6.4 Prüfverfahren für die Leitfähigkeit von Molybdänblech

Das Prüfverfahren für die Leitfähigkeit von Molybdänblech wird zur Messung des spezifischen Widerstands (ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$) verwendet, um die elektrischen Eigenschaften zu bewerten und ihre Eignung für Elektroden und Sputtertargets in der Elektronikindustrie sicherzustellen. Die gebräuchlichsten Methoden sind das Vier-Sonden-Verfahren und das Wirbelstromverfahren. Die Vier-Sonden-Methode misst den spezifischen Widerstand von Molybdänblechen mit einem Vier-Sonden-Tester (z. B. Keithley 2635B, Genauigkeit $\pm 0,01\%$), geeignet für Proben mit einer Dicke von 0,01-3 mm. Der Prüfprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (Größe $10 \times 10 \text{ mm}$), Polieren auf $R_a \leq 0,4$ Mikrometer, Ultraschallreinigung zur Entfernung von Oberflächenöl, 2) Prüfaufbau, Anordnung von vier Sonden mit äquidistantem Abstand (1-2 mm Abstand), Anlegen von Konstantstrom (1-100 mA), Messung des Spannungsabfalls; 3) Berechnen Sie den spezifischen Widerstand mit der Formel $\rho = (V/I) \cdot (A/L)$, wobei V die Spannung ist, I der Strom, A die Querschnittsfläche der Probe, L der Sondenabstand ist und der Durchschnittswert durch 5-malige Wiederholung der Messung ermittelt wird; 4) Datenkalibrierung unter Berücksichtigung des Einflusses von Probendicke und Temperatur ($20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$). Das Wirbelstromverfahren verwendet ein Leitfähigkeitsmessgerät (z. B. Sigmascope SMP350, Frequenz 10-100 kHz) zur Messung der Leitfähigkeit in S/m durch berührungslose Wirbelströme und eignet sich daher für die schnelle Detektion großer Flächen von Molybdänblechen. Zu den wichtigsten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Erkenntnissen gehören: keine Oxidschicht auf der Probenoberfläche; Die Testumgebung muss konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit (Luftfeuchtigkeit < 50%) sein, um Interferenzen zu reduzieren. Das Gerät ist mit Standardleitern wie Kupfer kalibriert, spezifischer Widerstand $1,68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$). Die Vier-Sonden-Methode hat eine hohe Präzision und eignet sich für hochpräzise Ziele; Das Wirbelstromverfahren ist hocheffizient und für die Chargenprüfung geeignet. Die Leitfähigkeitsprüfung stellt die elektrische Stabilität des Molybdänblechs bei der Abscheidung von Halbleiter-Dünnschichten sicher.

6.5 Prüfverfahren für die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen

Das Prüfverfahren für die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänblechen dient zur Messung der Wärmeleitfähigkeit (ca. 138 W/m·K) und zur Bewertung der Wärmemanagementleistung und eignet sich für Wärmeableitungssubstrate und Hochtemperaturofenkomponenten. Die am häufigsten verwendeten Methoden sind das Laser-Flash-Verfahren und das stationäre Wärmeflussverfahren. Das Laser-Flash-Verfahren misst die Wärmeleitfähigkeit mit einem Laser-Flash-Wärmeleitfähigkeitsmessgerät (z.B. Netzsch LFA 467, mit einer Genauigkeit von $\pm 3\%$) und ist für Molybdänbleche mit einer Dicke von 0,5-3 mm geeignet. Der Testprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblech (10×10 mm), Polieren auf $Ra \leq 0,4$ Mikrometer, Ultraschallreinigung, 2) Testaufbau, Probenplatzierung in einer Argon-geschützten Umgebung (Reinheit $\geq 99,99\%$, Sauerstoffgehalt < 10 ppm), Laserpulsheizung auf der einen Seite, Infrarot-Thermometer zur Aufzeichnung des Temperaturanstiegs auf der anderen Seite; 3) Berechnen Sie die Wärmeleitfähigkeit mit der Formel $k = \alpha \cdot \rho \cdot C_p$, wobei α die Wärmeleitfähigkeit (gemessen mit dem Instrument), ρ die Dichte und C_p die spezifische Wärmekapazität (ca. $0,25$ J/g·K) ist; 4) Wiederholen Sie den Test 3-5 Mal, um den Durchschnitt zu ermitteln. Das stationäre Wärmeflussverfahren verwendet einen Wärmestrommesser (z. B. Hot Disk TPS 2500S, mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$), um den Temperaturgradienten unter einem stetigen Wärmefluss durch eine Wärmesonde zu messen, und ist für große Proben (20×20 mm) geeignet. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: gleichmäßige Dicke der Probe, um einen gleichmäßigen Wärmefluss zu gewährleisten; Die Prüftemperatur wird auf $20-1500^\circ\text{C}$ geregelt; Die Kalibrierungen wurden mit Standardproben (z. B. Edelstahl, 16 W/m·K) durchgeführt. Das Laser-Flash-Verfahren eignet sich für die Hochtemperaturprüfung, und das stationäre Verfahren eignet sich für große Proben bei Raumtemperatur. Der Wärmeleitfähigkeitstest stellt die Wärmeleitfähigkeit des Molybdänblechs im elektronischen Gehäuse sicher, und der Fehler wird bei ± 5 W/m·K kontrolliert.

6.6 Prüfverfahren für den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Molybdänblech

Das Prüfverfahren für den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Molybdänblechen wird verwendet, um seinen linearen Ausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, $20-1000^\circ\text{C}$) zu messen, um die thermische Anpassungsleistung zu bewerten, und eignet sich für Halbleitergehäuse und Hochtemperaturkomponenten. Die am häufigsten verwendeten Methoden sind die Thermodilatometer-Methode und die Methode der Röntgenkristallanalyse. Das Dilatometerverfahren verwendet ein Thermodilatometer (z. B. Netzsch DIL 402 mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$). Der Wärmeausdehnungskoeffizient wird berechnet, indem die Änderung der Länge des Molybdänblechs

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

während des Erhitzens gemessen wird. Der Testprozess bestand aus: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (Länge 10-25 mm, Dicke 0,1-1 mm), Polieren auf $Ra \leq 0,4$ Mikrometer, 2) Testaufbau, Exposition der Probe in einer Argon-geschützten Umgebung (Reinheit $\geq 99,99\%$), Erhitzen auf $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei $2-5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, Aufzeichnung von Längenänderungen (Auflösung $0,1$ Mikrometer), 3) Berechnung des Wärmeausdehnungskoeffizienten nach der Formel $\alpha = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T)$, wobei ΔL die Längenänderung, L_0 die Anfangslänge und ΔT die Temperaturänderung ist; 4) Wiederholen Sie den Test 3 Mal, um den Durchschnitt zu ermitteln. Bei der Röntgenkristallanalyse wird ein Röntgendiffraktometer (z. B. Bruker D8 mit einer Genauigkeit von $\pm 0,05 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) verwendet, um den Wärmeausdehnungskoeffizienten durch Messung der Änderung der Gitterkonstante bei hohen Temperaturen abzuschätzen, und ist für kleine Proben geeignet. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Proben müssen frei von Oberflächenfehlern sein; Die Prüftemperatur muss genau geregelt werden ($\pm 1^{\circ}\text{C}$); Die Kalibrierungen werden mit einer Standardprobe (z. B. Aluminiumoxid, $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) durchgeführt. Der Test des Wärmeausdehnungskoeffizienten stellt die thermische Verträglichkeit des Molybdänblechs mit Silizium oder Keramik sicher, und der Fehler wird bei $\pm 0,2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ kontrolliert.

6.7 Prüfverfahren für die Festigkeit von Molybdänblech

Das Prüfverfahren für die Festigkeit von Molybdänblechen wird zur Messung der Zugfestigkeit (800-1200 MPa) und Streckgrenze (600-900 MPa) zur Bewertung der mechanischen Eigenschaften verwendet und eignet sich für die Luft- und Raumfahrt sowie für Hochtemperatur-Strukturteile. Das gebräuchlichste Verfahren ist das Zugprüfverfahren mit einer universellen Materialprüfmaschine (z.B. Instron 5982, Lastbereich 1-100 kN, Genauigkeit $\pm 0,5\%$). Der Testprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (ASTM E8 Standard, Breite 5-10 mm, Dicke 0,01-3 mm), Polieren auf $Ra \leq 0,4$ Mikrometer; 2) Versuchsaufbau, die Probe wird in Vorrichtungen fixiert, mit einer Geschwindigkeit von 1-10 mm/min bis zum Bruch gedehnt und die Spannungs-Dehnungs-Kurve wird aufgezeichnet; 3) Datenanalyse zur Berechnung der Zugfestigkeit (maximale Spannung), der Streckgrenze (0,2 % versetzte Spannung) und der Bruchdehnung (5-15 %); 4) Der Hochtemperaturtest ($1000-1500\text{ }^{\circ}\text{C}$) erfordert einen Argonschutz (Reinheit $\geq 99,99\%$). Zu den wichtigsten Punkten gehören: Genauigkeit der Vorrichtungsausrichtung ($< 0,1$ mm) zur Vermeidung exzentrischer Lasten; Die Testumgebung ist eine konstante Temperatur ($20 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) oder eine hohe Temperaturregelung ($\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$); Wiederholen Sie den Test 3-5 Mal, um den Durchschnitt zu erhalten. Das Zugprüfverfahren bewertet die Festigkeit von Molybdänblechen bei Raumtemperatur und hohen Temperaturen und stellt so ihre Zuverlässigkeit in Raketendüsenauskleidungen und Hochtemperaturofenkomponenten sicher.

6.8 Prüfverfahren für die Härte von Molybdänblech

Das Prüfverfahren für die Härte von Molybdänblechen dient zur Messung der Vickers-Härte (220-250 HV, TZM-Legierung 300-350 HV) zur Bewertung der Verformungs- und Verschleißfestigkeit und eignet sich für elektronische Targets und Schneidwerkzeugsubstrate. Die gebräuchlichste Methode ist die Vickers-Härteprüfung, bei der ein Vickers-Härteprüfer verwendet wird (z. B. Wilson VH3300, Belastung 0,1-10 kgf, Genauigkeit ± 1 HV). Der Prüfprozess bestand aus: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (10×10 mm, Dicke 0,1-3 mm), Polieren auf $Ra \leq 0,4\text{ }\mu\text{m}$, Ultraschallreinigung, 2)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Versuchsaufbau mit einem Diamanteindringkörper (136° Kegelwinkel), Aufbringen einer Last von 1-5 kgf (0,1-0,5 kgf für Lamellen < 0,1 mm), Halten für 10-15 Sekunden; 3) Messen Sie den Eindruck, messen Sie die diagonale Länge des Eindrucks mit einem Mikroskop (Vergrößerung 400x) und berechnen Sie den Härtewert ($HV=1,8544 \cdot F/d^2$, F ist die Last, d ist die durchschnittliche Länge der Eindruckdiagonale); 4) Wiederholen Sie den Test 5-7 Mal, um den Durchschnitt zu ermitteln. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Probenoberfläche muss frei von einer Oxidschicht sein (Beizen); Die Auswahl der Last muss der Dicke entsprechen, um den Substrateffekt zu vermeiden. Die Kalibrierungen erfolgen unter Verwendung von Standardhärteblöcken (z. B. 200 HV). Die Vickers-Härteprüfung ist hochgenau und eignet sich zur Bewertung der Kaltverfestigung und Verschleißfestigkeit von Molybdänblechen, um deren Stabilität in Sputtertargets zu gewährleisten.

6.9 Prüfverfahren für die Zähigkeit von Molybdänblechen

Das Prüfverfahren für die Zähigkeit von Molybdänblechen wird verwendet, um seine Bruchfestigkeit und seine Fähigkeit, Schlagenergie zu absorbieren, zu bewerten und die Bruchzähigkeit (K_{IC} , etwa 10-15 $MPa \cdot m^{1/2}$) zu messen, die für Luft- und Raumfahrt- und elektronische Substratanwendungen geeignet ist. Die gebräuchlichsten Verfahren sind das Charnaische Schlagzähigkeitsprüfverfahren und das Bruchzähigkeitsprüfverfahren. Beim Charzens-Schlagprüfverfahren wird ein Charzens-Schlagwerk verwendet (z. B. ZwickRoell HIT, Energiebereich 5-300 J, Genauigkeit $\pm 0,1$ J). Der Prüfprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblech (ASTM E23 Norm, $10 \times 10 \times 55$ mm, V-Kerbtiefe 2 mm, Winkel 45°), Polieren auf $Ra \leq 0,4 \mu m$, 2) Prüfaufbau, die Probe wird in der Prüfmaschine fixiert, um mit einem Pendel auf die Kerbe aufzuschlagen, und die absorbierte Energie (ca. 5-15 J) wird aufgezeichnet; 3) Datenanalyse, Berechnung der Schlagzähigkeit, Wiederholung des Tests 3-5 Mal, um den Durchschnitt zu ermitteln; 4) Der Hochtemperaturtest (1000 °C) erfordert einen Argonschutz (Reinheit $\geq 99,99$ %, Sauerstoffgehalt < 10 ppm). Das Bruchzähigkeitsprüfverfahren verwendet eine universelle Materialprüfmaschine (z. B. Instron 5982, Belastung 1-100 kN) unter Verwendung einer einseitig gekerbten Zugprobe (SENB) (ASTM E399, Dicke 0,5-3 mm), die mit einer Geschwindigkeit von 0,5-2 mm/min belastet wird, wobei die Rissausbreitungskraft aufgezeichnet und die K_{IC} berechnet wird. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Kerbgenauigkeit ($\pm 0,01$ mm) zur Vermeidung von Spannungskonzentrationen; Die Testumgebung ist eine konstante Temperatur (20 ± 1 °C) oder eine hohe Temperaturregelung (± 10 °C); Die Kalibrierungen werden mit Standardproben (z. B. Stahl K_{IC} etwa 50 $MPa \cdot m^{1/2}$) durchgeführt. Der Zähigkeitstest stellt die Bruchfestigkeit des Molybdänblechs unter dynamischer Belastung sicher und ist für Hochtemperaturdüsen und Halbleitersubstrate geeignet.

6.10 Prüfverfahren für die Duktilität von Molybdänblechen

Das Prüfverfahren für die Duktilität von Molybdänblechen dient zur Messung der Bruchdehnung (5-15%) und der plastischen Verformungsfähigkeit sowie zur Bewertung der Formeigenschaften und eignet sich für die Dünnschichtabscheidung und flexible Substrate. Das gebräuchlichste Verfahren ist das Zugprüfverfahren, bei dem eine universelle Materialprüfmaschine verwendet wird (z. B. MTS-Kriterium, Belastung 1-100 kN, Genauigkeit $\pm 0,5$ %). Der Testprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (ASTM E8 Standard, Breite 5-10 mm, Dicke 0,01-3 mm), Polieren auf $Ra \leq 0,4$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Mikrometer; 2) Testaufbau, die Probe wird in Vorrichtungen fixiert, mit einer Geschwindigkeit von 1-10 mm/min bis zum Bruch gedehnt und die Dehnungskurve wird aufgezeichnet; 3) Datenanalyse, berechnen Sie die Bruchdehnung ($\Delta L/L_0 \times 100\%$) und die Flächenreduktionsrate und wiederholen Sie den Test 3-5 Mal, um den Durchschnittswert zu ermitteln; 4) Der Hochtemperatur-Duktilitätstest (1000-1200 °C) erfordert einen Vakuum- oder Argonschutz (Reinheit $\geq 99,99\%$), um die Duktilität (bis zu 20 %) zu verbessern. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Genauigkeit der Vorrichtungsausrichtung ($< 0,1$ mm), um eine gleichmäßige Kraft zu gewährleisten; Die Testumgebung ist eine konstante Temperatur (20 ± 1 °C) oder eine hohe Temperaturregelung (± 10 °C); Die Probenoberfläche ist frei von Defekten, um einen vorzeitigen Bruch zu vermeiden. Die Duktilitätsprüfung überprüft die Kunststoffverarbeitungsfähigkeit von Molybdänplatten und stellt ihre Eignung für das Stanzen und die Präzisionsbearbeitung sicher.

6.11 Prüfverfahren für die Ermüdungseigenschaften von Molybdänblechen

Das Prüfverfahren für die Ermüdungseigenschaften von Molybdänblechen wird verwendet, um seine Haltbarkeit unter zyklischen Belastungen zu bewerten, die Ermüdungsgrenze (ca. 400-500 MPa, 10^7 Zyklen) zu messen und ist für die Luft- und Raumfahrt und Hochtemperatur-Vibrationsumgebungen geeignet. Das gebräuchlichste Verfahren ist das Ermüdungsprüfverfahren mit hohen Zyklen, bei dem eine Ermüdungsprüfmaschine verwendet wird (z. B. MTS 810, Last 1-100 kN, Frequenz 10-100 Hz). Der Testprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (ASTM E466, Breite 5-10 mm, Dicke 0,1-3 mm), Polieren auf $R_a \leq 0,4$ Mikrometer; 2) Versuchsaufbau, Anwendung einer zyklischen Spannung (Spannungsverhältnis $R=0,1-0,5$), Frequenz 20-50 Hz, Aufzeichnung von Zyklen bis zum Bruch oder bis zu 10^7 mal; 3) Datenanalyse, S-N-Kurvenzeichnung, Bestimmung der Ermüdungsgrenze, Argonschutz (Reinheit $\geq 99,99\%$) ist für den Hochtemperaturtest (1000 °C) erforderlich. 4) Wiederholen Sie den Test 5 Mal, um den Durchschnitt zu ermitteln. Zu den wichtigsten Punkten gehören: Die Probenoberfläche muss kratzfrei sein (durch Ultraschall gereinigt); Die Genauigkeit der Spannungskontrolle (± 1 MPa) gewährleistet Konsistenz; Für die Kalibrierung werden Standardwerkstoffe (z.B. Edelstahl) verwendet, mit einer Ermüdungsgrenze von ca. 200 MPa. Ermüdungstests stellen die Langzeitstabilität des Molybdänblechs in Turbinenschaufeln und Kernreaktorkomponenten sicher.

6.12 Prüfverfahren für die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen

Das Prüfverfahren für die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen dient zur Bewertung der Stabilität in chemischen Medien (z.B. nicht oxidierende Säuren, Basen) und zur Messung der Korrosionsgeschwindigkeit ($< 0,01$ mm/Jahr in 10%iger Salzsäure) und ist für Auskleidungen chemischer Anlagen geeignet. Die am häufigsten verwendeten Methoden sind das Tauchkorrosionsprüfverfahren und das elektrochemische Prüfverfahren. Beim Tauchkorrosionsprüfverfahren wird eine Korrosionsprüfkammer verwendet (z. B. Q-FOG CCT, 20-80 °C). Der Prüfprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänblechen (20×20 mm, Dicke 0,1-3 mm), Polieren auf $R_a \leq 0,4$ Mikrometer, Ultraschallreinigung, 2) Prüfaufbau, Eintauchen in korrosive Medien (wie z.B. 10%ige Salzsäure, Schwefelsäure oder NaOH, pH 1-14) bei 20-60°C für 168-720 Stunden; 3) Datenanalyse, Wiegen des Massenverlusts der Probe (Genauigkeit $\pm 0,1$ mg), Berechnung der Korrosionsrate (mm/Jahr)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

und 3-maliges Wiederholen des Tests. Das elektrochemische Prüfverfahren verwendet eine elektrochemische Arbeitsstation (z. B. Gamry Interface 1010, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mV), um das Korrosionspotenzial und die Stromdichte mittels einer Tafel-Kurve zu messen, und die Probe wird in eine Elektrolysezelle (z. B. 3,5 % NaCl) gegeben. Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Medien müssen regelmäßig gewechselt werden, um die Konzentration aufrechtzuerhalten; Auf der Oberfläche der Probe befindet sich keine Oxidschicht; Die Kalibrierungen werden mit Standardelektroden (z. B. Ag/AgCl) durchgeführt. Die Prüfung der Korrosionsbeständigkeit stellt die Stabilität von Molybdänblechen in chemischen Reaktoren und Elektrodenmaterialien sicher.

6.13 Prüfverfahren für die Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblechen

Das Prüfverfahren für die Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblechen wird verwendet, um seine Stabilität in einer Hochtemperatur-Oxidationsumgebung zu bewerten, die Oxidationseintrittstemperatur (ca. 600 °C) und die Massenverlustrate zu messen und eignet sich für Vakuumöfen und Luft- und Raumfahrtkomponenten. Häufig verwendete Methoden sind die thermogravimetrische Analyse (TGA) und die Hochtemperatur-Oxidationsprüfung. Bei der TGA-Methode wird ein thermogravimetrischer Analysator verwendet (z. B. TA Instruments Q500, 25-1500 °C, Genauigkeit $\pm 0,1$ %). Der Testprozess umfasst: 1) Probenvorbereitung, Schneiden von Molybdänplatten (10-20 mg, Dicke 0,1-1 mm), Polieren auf $R_a \leq 0,4$ Mikrometer; 2) Testaufbau, Temperaturanstieg auf 600-1500 °C bei 5-10 °C/min in Luft oder Argon (Reinheit $\geq 99,99$ %) Atmosphäre, Aufzeichnung von Qualitätsänderungen; 3) Datenanalyse, bestimmen Sie die Starttemperatur der Oxidation (Massenzunahme oder MoO_3 -Verflüchtigungspunkt), wiederholen Sie den Test 3 Mal. Das Hochtemperatur-Oxidationsprüfverfahren wird in einem Hochtemperaturofen (z. B. Carbolit Gero, Temperatur 600-1500 °C) durchgeführt, das Molybdänblech wird an der Luft ausgesetzt, 1-4 Stunden lang inkubiert, und die Dicke der Oberflächenoxidschicht wird durch REM beobachtet (Ziel < 1 Mikrometer bei 600 °C). Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehören: Die Testatmosphäre muss präzise gesteuert werden (Sauerstoffgehalt < 10 ppm in Argon); Die Oberfläche der Probe ist sauber und fehlerfrei; Bei der Kalibrierung werden Standardproben (z. B. Wolfram) verwendet. Oxidationsbeständigkeitstests verifizieren die Stabilität von Molybdänblechen in Hochtemperaturumgebungen und stellen ihre Eignung im Vakuum oder in inerten Atmosphären sicher.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 7 Anwendungsgebiete von Molybdänblechen

7.1 Anwendung von Molybdänblechen im Bereich der elektronischen Information

Molybdänblech hat eine ausgezeichnete elektrische Leitfähigkeit (spezifischer Widerstand ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$), Wärmeleitfähigkeit (ca. $138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) und einen hohen Schmelzpunkt (2620°C) und hat ein breites Anwendungsspektrum im Bereich der elektronischen Information, insbesondere in der Halbleiterherstellung, bei Elektrodenmaterialien und Leadframes. Hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) sind aufgrund ihres geringen Verunreinigungsgehalts und ihrer hervorragenden Oberflächenqualität ($R_a \leq 0,4 \text{ Mikrometer}$) zu den Kernmaterialien für hochpräzise Geräte in der Elektronikindustrie geworden. Durch Präzisionsbearbeitung und strenge Qualitätskontrolle erfüllt das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD die hohen Standards der Halbleiter-, Mikroelektronik- und Optoelektronikindustrie.

7.1.1 Anwendung von Molybdänblechen in Halbleitern

Molybdän-Chips werden hauptsächlich als Sputtertargets und Wärmeableitungssubstrate in der Halbleiterindustrie verwendet und sind weit verbreitet bei der Herstellung von Dünnschichttransistoren (TFTs), integrierten Schaltkreisen und Solarzellen. Molybdänbleche (Dicke $0,05\text{-}1 \text{ mm}$, Reinheit $\geq 99,95\%$) für Sputtertargets werden durch Magnetron-Sputtern zu einer leitfähigen Schicht oder Barrierschicht abgeschieden, die in den Elektroden von Flüssigkristallanzeigen (LCDs), organischen Leuchtdioden (OLEDs) und Photovoltaikzellen verwendet wird. Der geringe spezifische Widerstand und die hohe Gleichmäßigkeit (Korngröße $5\text{-}20 \mu\text{m}$) sorgen dafür, dass die Folie elektrisch stabil ist und mit einer Geschwindigkeit von $10\text{-}50 \text{ nm/min}$ abgeschieden werden kann.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänblechen ist ähnlich wie der von Silizium ($2,6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$).) und keramische Substrate sind thermisch aufeinander abgestimmt, um die thermische Belastung zu reduzieren und die Lebensdauer des Geräts zu verbessern. Als Wärmeableitungssubstrat (0,1-2 mm dick) werden Molybdänplatten in Leistungshalbleitern (z.B. IGBT-Module) für das Wärmemanagement eingesetzt, mit hoher Wärmeleitfähigkeit für eine effiziente Wärmeableitung und Betriebstemperaturen bis zu 150-200°C. In der Produktion werden Molybdänbleche kaltgewalzt und vakuumgeglüht (1100-1300°C), um die Oberflächenqualität ($R_a \leq 0,4$ Mikrometer) und die Maßgenauigkeit (Toleranz $\pm 0,005$ mm) zu optimieren. Zu den Vorteilen gehören eine hohe Reinheit, ein reduzierter Korngrenz Widerstand und eine niedrige Gasfreisetzungsrates ($<10^{-8}$ mbar·L/s) gewährleistet die Stabilität der Vakuumumgebung und wird häufig in der Chipherstellung und in 5G-Kommunikationsgeräten eingesetzt.

7.1.2 Anwendung von Molybdänblechen in Elektrodenmaterialien

Molybdänbleche werden hauptsächlich in Hochtemperatur-Vakuumöfen, Röntgenröhren und elektrochemischen Geräten in Elektrodenmaterialien eingesetzt und eignen sich aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts und ihrer hervorragenden elektrischen Leitfähigkeit. Hochreine Molybdänbleche (Dicke 0,1-2 mm, Reinheit $\geq 99,95\%$) werden als Heizelektroden oder Stützelektroden in Vakuumöfen eingesetzt, halten hohen Temperaturen von 1500-2000°C stand und die Zugfestigkeit (ca. 500 MPa bei 1200°C) sorgt für Langzeitstabilität. In Röntgenröhren werden Molybdänbleche als Anodentargets oder Trägermaterialien (0,5-3 mm dick) verwendet, ihre hohe Leitfähigkeit und Beständigkeit gegen Elektronenbeschuss unterstützen die Erzeugung hochenergetischer Röntgenstrahlung, und die Oberflächenrauheit ($R_a \leq 0,4$ Mikrometer) sorgt für eine gleichmäßige Strahlung. Im Bereich der Elektrochemie werden Molybdänbleche aufgrund ihrer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit in nichtoxidierenden Säuren wie 10%iger Salzsäure mit einer Korrosionsrate von $<0,01$ mm/Jahr) als Elektroden für die Elektrolyse von Chlor oder Wasserstoffgas verwendet. In der Produktion werden Molybdänbleche kaltgewalzt und poliert, um die Oberflächenqualität zu optimieren, und das Wasserstoffglühen (800-1100 °C) reduziert innere Spannungen. Zu den Vorteilen von Molybdänelektroden gehören ein niedriger spezifischer Widerstand und eine hohe chemische Stabilität, reduzierte Elektrodenverluste und sie eignen sich für den Einsatz in industriellen Elektrolyseuren und medizinischen Bildgebungsgeräten.

7.1.3 Anwendung von Molybdänblech im Leadframe

Molybdänbleche werden als Stütz- und Leiteile für Halbleitergehäuse in Leadframes verwendet und werden häufig in integrierten Schaltkreisen (ICs) und Leuchtdioden (LED) verwendet. Molybdänbleche (0,1-0,5 mm Dicke, Reinheit $\geq 99,95\%$) aufgrund ihres passenden Wärmeausdehnungskoeffizienten ($4,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) zu Silizium und Keramik), wodurch die thermische Belastung im Verpackungsprozess effektiv reduziert und die Zuverlässigkeit des Geräts verbessert werden kann. Seine hohe Leitfähigkeit sorgt für eine niederohmige Verbindung des Leadframes mit einem Stromübertragungsverlust von $<1\%$. Die mechanische Festigkeit (Zugfestigkeit 800-1000 MPa) und die Duktilität (Bruchdehnung 5-10%)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

von Molybdänblechen unterstützen das Stanzen komplexer Formen, und das Polieren der Oberfläche ($R_a \leq 0,4$ Mikrometer) verbessert die Schweißleistung. In der Produktion werden Molybdänbleche durch Kaltwalz- und Präzisionsschneidverfahren mit Maßtoleranzen von $\pm 0,005$ mm, Vakuumglühen ($800-1100^\circ\text{C}$) zur Optimierung der Kornstruktur (5-20 Mikrometer) vorbereitet. Zu den Vorteilen von Molybdän-Chip-Leadframes gehören eine hohe Wärmeleitfähigkeit ($138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), die Unterstützung einer effizienten Wärmeableitung, eine hohe Temperaturbeständigkeit und die Anpassungsfähigkeit an das Reflow-Löten ($250-300^\circ\text{C}$), die in Leistungsbau-elementen, Mikroprozessoren und LED-Chip-Gehäusen weit verbreitet sind.

7.2 Anwendung von Molybdänblechen im Saphirkristall-Züchtungs-Ofen

Molybdänbleche werden aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts (2620°C), ihrer hervorragenden thermischen Stabilität (Festigkeit von ca. 500 MPa bei 1500°C), ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) und ihrer guten Wärmeleitfähigkeit (ca. $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) häufig in Saphirkristall-Wachstumsöfen verwendet und werden hauptsächlich bei der Herstellung von reflektierenden Bildschirmen, Abdeckungen und anderen Schlüsselkomponenten verwendet. Wachstumsöfen aus Saphirglas (Al_2O_3) (z. B. Chaister- oder Wärmetauscheröfen) müssen bei hohen Temperaturen ($2050-2100^\circ\text{C}$) und in einem Vakuum oder einer inerten Atmosphäre betrieben werden, wodurch Molybdänbleche aufgrund ihrer Hochtemperatureigenschaften und Kriechfestigkeit (Kriechrate von $10^{-6}/\text{s}$) ideal sind. Durch hohe Reinheit ($\geq 99,95\%$) und Präzisionsbearbeitungsprozess erfüllt das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD die hohen Anforderungen an hohe Temperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Wärmemanagement des Saphirwachstums-Ofens. Im Folgenden werden die spezifischen Anwendungen, Leistungsanforderungen und technischen Vorteile von Molybdänplatten in reflektierenden Bildschirmen und Abdeckungen ausführlich erläutert.

7.2.1 Reflektierendes Sieb im Saphirkristall-Wachstums-Ofen zur Herstellung von Molybdänblechen

Molybdänbleche werden als reflektierende Siebe in Saphirkristallzüchtungsöfen verwendet, hauptsächlich für das thermische Feldmanagement, und optimieren die Temperaturverteilung im Ofen durch Reflexion von Strahlungswärme, um ein gleichmäßiges Kristallwachstum zu gewährleisten. Reflektierende Siebe werden in der Regel aus hochreinen Molybdänblechen (Reinheit $\geq 99,95\%$, Dicke $0,1-2 \text{ mm}$) hergestellt, die durch Kaltwalzen und Vakuumglühen ($1100-1300^\circ\text{C}$) hergestellt werden, und die Korngröße wird auf 5-20 Mikrometer kontrolliert, um Festigkeit und Zähigkeit auszugleichen. Die Oberfläche des reflektierenden Bildschirms muss auf $R_a \leq 0,4$ Mikrometer poliert werden, um das Reflexionsvermögen der Wärmestrahlung (ca. $0,8-0,9$) zu verbessern und den Wärmeverlust zu reduzieren. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient des Molybdänblechs ist gut auf den Saphirtiegel abgestimmt (ca. $5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), was die thermische Belastung bei hohen Temperaturen ($< 50 \text{ MPa}$) reduziert. Die Zugfestigkeit des Molybdänblechs (ca. $400-500 \text{ MPa}$) gewährleistet strukturelle Stabilität und Oxidationsbeständigkeit in Vakuum- oder Argonatmosphäre (Sauerstoffgehalt $< 10 \text{ ppm}$), ohne dass im Vakuum oder in Argonatmosphäre flüchtiges MoO_3 entsteht. In der Produktion wird der reflektierende Bildschirm durch Präzisionsstanzen oder Laserschneiden geformt, und die Maßtoleranz beträgt $\pm 0,01$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm, um die Gleichmäßigkeit des thermischen Feldes zu gewährleisten. Zu seinen Vorteilen gehören eine hohe Wärmeleitfähigkeit, eine effektive Wärmeleitung, eine hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit und eine verlängerte Lebensdauer (> 1000 Stunden), die bei der Herstellung von Saphirkristallen für LED-Substrate und optische Fenster weit verbreitet ist.

7.2.2 Molybdänbleche für die Herstellung von Abdeckungen von Saphirkristall-Züchtungsöfen

Molybdänbleche werden als Abdeckplatten in Saphirkristall-Wachstumsöfen verwendet, um Tiegel abzudichten oder das Wärmefeld im Inneren des Ofens vor Wärmeaustritt und Verunreinigung durch Verunreinigungen zu schützen. Deckplatten werden in der Regel aus hochreinen Molybdänblechen (Reinheit $\geq 99,95\%$, Dicke 0,5-3 mm) hergestellt, die durch Warmwalzen oder Kaltwalzen hergestellt werden, mit einer Zugfestigkeit von 800-1000 MPa, Duktilität (Bruchdehnung 5-10%) zur Unterstützung einer komplexen Formbearbeitung. Die Oberfläche des Deckels sollte gebeizt oder poliert werden ($Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$), um die Gasadsorption zu reduzieren und ein Vakuum im Ofen (10^{-5} Pa) zu gewährleisten. Bei hohen Temperaturen von 2050-2100°C sorgen die thermische Stabilität (Massenverlustrate $< 0,1\%$ in Argon) und die Kriechfestigkeit (Kriechrate $10^{-6}/\text{s}$) des Molybdänblechs dafür, dass sich die Abdeckung über längere Zeit nicht verformt. In der Produktion wird die Abdeckplatte CNC-gefräst oder gestanzt und umgeformt, mit einer Maßgenauigkeit von $\pm 0,02$ mm, und die Kanten müssen entgratet werden, um eine Spannungskonzentration zu vermeiden.

Zu den Vorteilen der Abdeckplatte aus Molybdänblech gehören die hohe Wärmeleitfähigkeit (138 W/m·K), die Stabilität des Wärmefeldes und die geringe Gasfreisetzungsrate ($< 10^{-8}$ mbar·L/s) zur Aufrechterhaltung einer sauberen Umgebung im Ofen, geeignet für die Chai-Methode oder den Wachstumsofen mit Wärmeaustauschmethode. Es verbessert die Kristallreinheit (Verunreinigungen < 10 ppm) und die Wachstumseffizienz bei der Herstellung von Saphirkristallen und wird häufig in der Saphirherstellung für Smartphone-Bildschirme und Lasersubstrate eingesetzt.

7.3 Anwendung von Molybdänblechen in Vakuumöfen

Molybdänbleche werden aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts (2620 °C), ihrer hervorragenden Hochtemperaturfestigkeit (ca. 500 MPa bei 1500 °C), ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/\text{°C}$) und ihrer guten Wärmeleitfähigkeit (ca. 138 W/m·K) häufig in Vakuumöfen verwendet und werden hauptsächlich bei der Herstellung von reflektierenden Schirmen, Heizwärmern und Steckverbindern verwendet. Vakuumöfen (z. B. Hochtemperatur-Sinteröfen, Wärmebehandlungsöfen) müssen in einem Vakuum oder einer inerten Atmosphäre (10^{-5} Pa, Sauerstoffgehalt < 10 ppm), in der Regel bei 1000-2000 °C, und der Kriechfestigkeit von Molybdänblechen (Kriechgeschwindigkeit $10^{-6}/\text{s}$) und der niedrigen Gasfreisetzungsrate ($< 10^{-8}$ mbar·L/s) betrieben werden. L/s) macht es zu einem idealen Material.

Durch hohe Reinheit ($\geq 99,95\%$) und Präzisionsbearbeitungsprozess erfüllt das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD die hohen Anforderungen des Vakuumofens an hohe Temperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Wärmemanagement. Im Folgenden werden die spezifischen Anwendungen,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Leistungsanforderungen und technischen Vorteile von Molybdänblechen im reflektierenden Schirm, der Wärmeheizung und den Anschlüssen im Vakuumofen ausführlich erläutert.

7.3.1 Reflektierende Siebe in Vakuumöfen zur Herstellung von Molybdänblechen

Molybdänbleche werden als reflektierende Siebe in Vakuumöfen verwendet, hauptsächlich für das thermische Feldmanagement, um die Temperaturverteilung im Ofen durch Reflexion von Strahlungswärme zu optimieren und die Gleichmäßigkeit des Materialsinterns oder der Wärmebehandlung zu gewährleisten. Das reflektierende Sieb besteht aus hochreinem Molybdänblech (Reinheit $\geq 99,95\%$, Dicke 0,1-2 mm), das durch Kaltwalzen und Vakuumglühen (1100-1300 °C) hergestellt wird, und die Korngröße wird auf 5-20 Mikrometer kontrolliert, um Festigkeit und Zähigkeit auszugleichen. Die Oberfläche ist auf $Ra \leq 0,4$ Mikrometer poliert, was das Reflexionsvermögen der Wärmestrahlung (ca. 0,8-0,9) verbessert und den Wärmeverlust reduziert. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient des Molybdänblechs ist an die Keramik- oder Metallteile im Ofen angepasst, wodurch die thermische Belastung bei hohen Temperaturen (< 50 MPa) reduziert wird. In einer Vakuumumgebung von 1500-2000°C sorgt die Zugfestigkeit des Molybdänblechs (ca. 400-500 MPa) für strukturelle Stabilität und die Oxidationsbeständigkeit verhindert die Bildung von flüchtigem MoO_3 . In der Produktion wird der reflektierende Bildschirm lasergeschnitten oder gestanzt und geformt, und die Maßtoleranz beträgt $\pm 0,01$ mm, um die Gleichmäßigkeit des thermischen Feldes zu gewährleisten. Zu seinen Vorteilen gehören eine hohe Wärmeleitfähigkeit, eine effektive Wärmeleitung, eine hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit und eine lange Lebensdauer (> 1000 Stunden), die in keramischen Sinteröfen und Wärmebehandlungsöfen für Halbleitermaterial weit verbreitet sind.

7.3.2 Hitze im Vakuumofen zur Herstellung von Molybdänblechen

Molybdänbleche werden als Heizwärme in Vakuumöfen verwendet, um direkt Widerstandswärme als Heizelemente zur Unterstützung von Hochtemperatur-Sinter- oder Wärmebehandlungsprozessen zu erzeugen. Das Haarzentrum wird im Kaltwalzverfahren mit hochreinem Molybdänblech (Reinheit $\geq 99,95\%$ und Dicke 0,1-1 mm) mit einer Zugfestigkeit von 800-1000 MPa und einem spezifischen Widerstand von etwa $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \eta m$ hergestellt, um eine effiziente elektrische Wärmeumwandlung zu gewährleisten. Die Oberfläche sollte poliert ($Ra \leq 0,4 \mu m$) oder gebeizt werden, um die Gasadsorption zu verringern und das Vakuum aufrechtzuerhalten (10^{-5} Pa). Bei 1500-1800°C ist die thermische Stabilität (Massenverlustrate $< 0,1\%$) und die Kriechfestigkeit (Kriechrate 10^{-6}) von Molybdänblechen/s) gewährleistet, dass die Hitze über längere Zeit nicht verformt wird. In der Produktion wird die Haarwärme durch Präzisionsstanzen oder Drahtschneiden mit einer Breite von 5-50 mm, einer je nach Ofentyp angepassten Länge und einer Maßtoleranz von $\pm 0,02$ mm gebildet. Zu den Vorteilen der Wärmeerzeugung gehören eine hohe Leitfähigkeit, die Unterstützung eines schnellen Temperaturanstiegs (Rate 10-20 °C/min), eine hohe Temperaturbeständigkeit, Anpassungsfähigkeit an Vakuum- oder Argonatmosphäre und die Eignung für das Sintern von Metalllegierungen und Einkristall-Materialzüchtungsöfen. Seine effiziente Wärmeumwandlung erhöht die Energieausnutzung im Ofen ($> 90\%$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.3.3 Verbinder in Vakuumöfen zur Herstellung von Molybdänblechen

Molybdänbleche werden als Verbindungsstücke in Vakuumöfen verwendet, um reflektierende Siebe, Wärmewärme oder andere Komponenten zu fixieren oder zu verbinden, um die Stabilität der thermischen Feldstruktur zu gewährleisten. Die Verbinder bestehen aus hochreinen Molybdänblechen (Reinheit $\geq 99,95\%$, Dicke 0,5-3 mm), die durch Warmwalzen oder Kaltwalzen hergestellt werden, mit einer Zugfestigkeit von 800-1000 MPa, einer Duktilität (Bruchdehnung 5-10%) zur Unterstützung des Stanzens oder Biegens. Oberflächenbeizen oder -polieren ($R_a \leq 0,4$ Mikrometer) reduziert die Gasfreisetzungsrates und sorgt für eine saubere Umgebung im Ofen. Bei hohen Temperaturen von 1500-2000°C sorgen die Kriechfestigkeit und der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänblechen dafür, dass sich die Verbinder nicht verformen oder lösen. In der Produktion werden die Steckverbinder durch CNC-Bearbeitung oder Laserschneiden mit einer Toleranz von $\pm 0,01$ mm präpariert und die Kanten entgratet, um eine Spannungskonzentration zu vermeiden. Zu seinen Vorteilen gehören eine hochfeste Halterung für komplexe Strukturen, eine hohe Wärmeleitfähigkeit (138 W/m·K) und eine zusätzliche Gleichmäßigkeit des Wärmefeldes, die für Stützrahmen und Befestigungen für Hochtemperatur-Vakuumöfen geeignet sind. Verbindungen verbessern die strukturelle Zuverlässigkeit und Lebensdauer in Wärmebehandlungsöfen aus Keramik, Metall und Verbundwerkstoffen.

7.4 Anwendung von Molybdänblechen in der Plasmabeschichtung

Molybdänbleche werden aufgrund ihrer hohen Leitfähigkeit (spezifischer Widerstand ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$), ihrer hervorragenden thermischen Stabilität (Schmelzpunkt 2620 °C), ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/^{\circ}C$) und ihrer hohen Reinheit ($\geq 99,95\%$) insbesondere als Sputtertarget im Magnetron-Sputterprozess verwendet. Die Plasmabeschichtung ist eine Technologie, bei der die Oberfläche eines Ziels in einer Vakuumumgebung mit Plasma beschossen wird, um dünne Schichten abzuscheiden, und wird häufig in der Herstellung von Halbleitern, Displays und Solarzellen eingesetzt. Durch präzise Verarbeitung und strenge Qualitätskontrolle erfüllt CTIA GROUP LTD Molybdänblech die strengen Anforderungen der Plasmabeschichtung an hohe Reinheit, Oberflächenqualität und Maßhaltigkeit. Im Folgenden werden die spezifischen Anwendungen, Leistungsanforderungen und technischen Vorteile von Molybdänblech als Sputtertarget ausführlich erläutert.

7.4.1 Molybdänblech als Sputtertarget für die Plasmabeschichtung

Molybdänschichten werden als Sputtertargets in Plasmabeschichtungen verwendet, und Molybdänfilme werden durch Magnetron-Sputtern abgeschieden, um leitfähige Schichten, Barrierschichten oder Elektroden zu bilden, die in Dünnschichttransistoren (TFTs), organischen Leuchtdioden (OLEDs), Solarzellen und der Herstellung integrierter Schaltkreise weit verbreitet sind. Das Sputtertarget besteht aus hochreinen Molybdänblechen (Reinheit $\geq 99,95\%$, Dicke 0,05-1 mm), die durch Kaltwalzen und Vakuumglühen (1100-1300 °C) hergestellt werden, und die Korngröße wird auf 5-20 Mikrometer kontrolliert, um die Gleichmäßigkeit der abgeschiedenen Schicht zu gewährleisten. Oberflächenpolitur auf $R_a \leq 0,4$ Mikrometer, wodurch das Partikelstrahlen beim Sputtern reduziert und die Schichtqualität

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

verbessert wird (Defektdichte $< 10/\text{cm}^2$). Der niedrige spezifische Widerstand und die hohe Wärmeleitfähigkeit ($138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) von Molybdänblechen unterstützen ein hocheffizientes Plasmabombardement mit Abscheidungsraten von $10\text{-}50 \text{ nm/min}$, und sein niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient entspricht dem von Siliziumsubstraten ($2,6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), um die thermische Belastung ($< 50 \text{ MPa}$) zu reduzieren. In der Produktion werden die Molybdänblech-Targets durch Laserschneiden oder CNC-Bearbeitung mit Maßtoleranzen von $\pm 0,005 \text{ mm}$ geformt, und Verunreinigungen (Eisen, Kupfer $< 20 \text{ ppm}$) und Gasfreisetzungsraten ($< 10^{-8} \text{ mbar}$) werden streng kontrolliert (L/s), um eine Vakuumumgebung (10^{-6} Pa) aufrechtzuerhalten. Zu seinen Vorteilen gehören hohe Reinheit, stabile elektrische Eigenschaften dünner Schichten, ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit (unter Argonatmosphäre), verlängerte Lebensdauer des Targets (> 1000 Stunden) und wird häufig bei der Elektrodenabscheidung von LCDs, OLED-Displays und Photovoltaikzellen verwendet.

7.5 Anwendung von Molybdänblech in der metallurgischen Industrie

Molybdänblech wird in der metallurgischen Industrie aufgrund seines hohen Schmelzpunkts ($2620 \text{ }^\circ\text{C}$), seiner hervorragenden Hochtemperaturfestigkeit (ca. 500 MPa bei $1500 \text{ }^\circ\text{C}$) und seiner Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01 \text{ mm/Jahr}$ in nicht oxidierenden Umgebungen) hauptsächlich als Additive für die Stahlherstellung und Hochtemperaturofenkomponenten verwendet. Molybdän kann die Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Stahl deutlich verbessern und eignet sich für die Herstellung von legierten Hochleistungsstählen. Durch Pulvermetallurgie und Walzverfahren bietet CTIA GROUP LTD Molybdänblech hochwertige Additivmaterialien, um die Anforderungen der metallurgischen Industrie an ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Kosten zu erfüllen. Im Folgenden werden die Anwendung, die Leistungsanforderungen und die technischen Vorteile von Molybdänblechen als Additive für die Stahlerzeugung ausführlich erläutert.

7.5.1 Anwendung von Molybdänblechen als Zusatzstoffe in der Stahlerzeugung

Molybdänbleche werden als Additive in der Stahlerzeugung verwendet, um hochfeste niedriglegierte Stähle (HSLA), Edelstähle und Werkzeugstähle herzustellen, um die Zugfestigkeit (die um $20\text{-}30 \%$ erhöht werden kann), die Verschleißfestigkeit und die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. Molybdänbleche ($0,5\text{-}3 \text{ mm}$ dick, $99\text{-}99,9 \%$ rein) werden durch Warm- oder Kaltwalzen hergestellt und sind typischerweise $10\text{-}50 \text{ mm}$ breit und $100\text{-}500 \text{ mm}$ lang, die sich zum Schmelzen und Hinzufügen in Stahlföfen wie Elektrolichtbogenöfen oder Konvertern eignen. Die Zugabe von Molybdänblechen beträgt im Allgemeinen $0,1\text{-}1 \%$ des Gewichts des Stahls, und seine mechanischen Eigenschaften (z. B. Zugfestigkeit von $1000\text{-}1500 \text{ MPa}$) werden durch Erhöhung der Kornfeinheit und der Phasenumwandlungsverfestigung des Stahls (z. B. die Bildung von martensitischem Stahl) erheblich verbessert. In Umgebungen mit hohen Temperaturen bei der Stahlerzeugung ($1500\text{-}1600 \text{ }^\circ\text{C}$) sorgt der geringe Gehalt an Verunreinigungen von Molybdänblechen (Eisen, Kupfer $< 100 \text{ ppm}$) dafür, dass keine schädlichen Elemente eingetragen werden, und das Beizen der Oberfläche ($R_a 0,8\text{-}1,6 \text{ Mikrometer}$) reduziert Gaseinschlüsse. Bei der Produktion werden Molybdänbleche mit einer Maßtoleranz von $\pm 0,05 \text{ mm}$ in kleine Stücke geschert oder zerkleinert, um ein gleichmäßiges Aufschmelzen zu ermöglichen. Zu

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

seinen Vorteilen gehören ein hoher Schmelzpunkt und eine hohe chemische Stabilität für einen stabilen Zugabeprozess, eine hohe Wärmeleitfähigkeit (138 W/m·K) für ein schnelles Schmelzen und wird häufig bei der Herstellung von hochfesten Stählen in der Automobil-, Schifffahrts- und Bauindustrie eingesetzt, wie z. B. Druckbehälterstähle und korrosionsbeständige legierte Stähle.

7.6 Anwendung von Molybdänblech in der Hochtemperaturofenstruktur

Molybdänblech wird aufgrund seines hohen Schmelzpunkts (2620 °C), seiner hervorragenden Hochtemperaturfestigkeit (ca. 500 MPa bei 1500 °C), seines niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) und seiner guten Wärmeleitfähigkeit (ca. 138 W/m·K) häufig in Hochtemperaturofen-Strukturteilen verwendet und wird hauptsächlich für Hitzeschilde und Heizelemente verwendet. Hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95\%$) oder TZM-Legierungen Molybdänbleche sind bekannt für ihre Kriechfestigkeit (Kriechgeschwindigkeit $10^{-6}/\text{s}$) und ihre niedrige Gasfreisetzungsrate ($< 10^{-8}$ mbar·L/s) in Hochtemperaturöfen (z.B. Sinteröfen, Wärmebehandlungsöfen) im Vakuum oder in inerten Atmosphären (Argon, Sauerstoffgehalt < 10 ppm). Durch Präzisionsbearbeitung und strenge Qualitätskontrolle erfüllen die Molybdänbleche der CTIA GROUP LTD die hohen Anforderungen von Hochtemperaturöfen an hohe Temperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Wärmemanagement. Im Folgenden werden die spezifischen Anwendungen, Leistungsanforderungen und technischen Vorteile von Molybdänblechen in Hitzeschilden und Heizelementen ausführlich erläutert.

7.6.1 Anwendung von Molybdänblech im Hitzeschild

Molybdänbleche werden als Hitzeschilde in Hochtemperaturöfen verwendet, um die Verteilung des thermischen Feldes im Ofen zu optimieren, indem sie Strahlungswärme reflektieren und abschirmen, Energieverluste reduzieren und die Temperaturgleichmäßigkeit verbessern. Der Hitzeschild besteht aus hochreinem Molybdänblech (Reinheit $\geq 99,95\%$, Dicke 0,1-2 mm), das durch Kaltwalzen und Vakuumglühen (1100-1300 °C) hergestellt wird, und die Korngröße wird auf 5-20 Mikrometer gesteuert, um Festigkeit und Zähigkeit auszugleichen.

Die Oberfläche ist auf $R_a \leq 0,4$ Mikrometer poliert, was das Reflexionsvermögen der Wärmestrahlung (ca. 0,8-0,9) verbessert und den Wärmeverlust effektiv reduziert. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient des Molybdänblechs ist auf die Keramik- oder Wolframteile im Ofen abgestimmt, wodurch die thermische Belastung bei hohen Temperaturen (< 50 MPa) reduziert wird. Die Zugfestigkeit (ca. 400-500 MPa) und Oxidationsbeständigkeit von Molybdänblechen sorgen für Langzeitstabilität und verhindern die Bildung von flüchtigem MoO_3 in einer Vakuum- oder Argonumgebung bei 1500-2000°C. In der Produktion wird der Hitzeschild mit einer Maßtoleranz von $\pm 0,01$ mm lasergeschnitten oder in Form gestanzt und in mehreren Schichten (3-5 Schichten) gestapelt, um die Wärmedämmwirkung zu verstärken. Zu seinen Vorteilen gehören eine hohe Wärmeleitfähigkeit, die Unterstützung eines stabilen Wärmefeldes, eine ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit und eine lange Lebensdauer (> 1000 Stunden), die in keramischen Sinteröfen, Einkristallzüchtungsöfen und Hochtemperatur-Wärmebehandlungsöfen weit verbreitet sind.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.6.2 Anwendung von Molybdänblech im Heizelement

Molybdänbleche werden als Heizelemente in Hochtemperaturöfen verwendet und sorgen durch Widerstandsheizung für eine stabile Hochtemperaturumgebung zur Unterstützung von Sinter-, Glüh- und Wärmebehandlungsprozessen. Das Heizelement besteht aus hochreinem Molybdänblech (Reinheit $\geq 99,95\%$, Dicke 0,1-1 mm), das durch Kaltwalzen hergestellt wurde, mit einer Zugfestigkeit von 800-1000 MPa und einem spezifischen Widerstand von etwa $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{mm}$, um eine effiziente elektrische Wärmeumwandlung zu gewährleisten. Das Polieren oder Beizen der Oberfläche ($R_a \leq 0,4$ Mikrometer) reduziert die Gasadsorption und hält das Vakuum aufrecht (10^{-5} Pa). Bei 1500-1800°C muss die thermische Stabilität (Massenverlustrate $< 0,1\%$) und die Kriechfestigkeit (Kriechrate 10^{-6}) von Molybdänblechen/s sichergestellt werden, dass es sich nicht verformt. In der Produktion werden die Heizelemente durch Präzisionsstanzen oder Drahtschneiden mit einer Breite von 5-50 mm, einer je nach Ofentyp angepassten Länge und einer Maßtoleranz von $\pm 0,02$ mm geformt. Zu seinen Vorteilen gehören eine hohe elektrische Leitfähigkeit, ein schneller Temperaturanstieg ($10-20$ °C/min), eine hohe Temperaturbeständigkeit und eine Beständigkeit gegen Vakuum oder inerte Atmosphären, wodurch es für Sinteröfen für Metalllegierungen und Wärmebehandlungsöfen für Halbleitermaterialien geeignet ist. Die Energieausnutzung des Molybdänblech-Heizstabs ist hoch ($>90\%$), was den Heizwirkungsgrad im Ofen deutlich verbessert.

7.7 Anwendung von Molybdänblech im Korrosionsschutz von chemischen Geräten

Molybdänbleche werden aufgrund ihrer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01$ mm/Jahr in 10% Salzsäure), ihrer hohen Festigkeit (Zugfestigkeit 800-1000 MPa) und ihrer chemischen Stabilität häufig in chemischen Anlagen verwendet und werden hauptsächlich in Reaktorauskleidungen und Pipelinekomponenten verwendet. Molybdänbleche mit normaler Reinheit (99-99,9 %) werden aufgrund ihrer Kosteneffizienz häufig in nichtoxidierenden Säuren (z. B. Salzsäure, Schwefelsäure) und alkalischen Umgebungen verwendet, aber oxidierende Säuren (z. B. konzentrierte Salpetersäure) sollten vermieden werden, um die Bildung von MoO_3 zu verhindern. Das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD erfüllt die Anforderungen chemischer Geräte an die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften durch Warmwalzen oder Kaltwalzen. Im Folgenden werden die Anwendung, die Leistungsanforderungen und die technischen Vorteile von Molybdänblechen in Reaktorauskleidungen und Rohrleitungskomponenten ausführlich erläutert.

7.7.1 Aufbringen von Molybdänblech in der Reaktorauskleidung

Molybdänblech wird als Auskleidungsmaterial in chemischen Reaktoren verwendet, um den Kesselkörper vor korrosiven Medien zu schützen und die Lebensdauer der Anlage zu verlängern. Die Innenauskleidung besteht aus Molybdänblechen mit normaler Reinheit (Reinheit 99-99,9 %, Dicke 0,5-3 mm), die durch Warmwalzen oder Kaltwalzen hergestellt werden, Oberflächenbeizen ($R_a 0,8-1,6$ Mikrometer), um Sauberkeit und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten. In Salzsäure- (10-20 %, 20-60 °C) oder Schwefelsäureumgebung $<$ die Korrosionsrate von Molybdänblech 0,01 mm/Jahr und seine Zugfestigkeit (700-900 MPa) die strukturellen Anforderungen von Autoklaven (Druck 1-10 MPa). In der

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Produktion werden Molybdän-Auskleidungen mit Maßtoleranzen von $\pm 0,05$ mm gestanzt oder geschweißt und müssen nahtlos verbunden werden, um ein Austreten von Medien zu vermeiden. Zu seinen Vorteilen gehören eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen nicht oxidierende Säuren, eine hohe Wärmeleitfähigkeit ($138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) zur Unterstützung des thermischen Managements des Reaktors und sie werden häufig in der Chloridproduktion und in Reaktoren für die Synthese organischer Säuren eingesetzt. Die Auskleidung aus Molybdänblech verbessert die Haltbarkeit (Lebensdauer > 5 Jahre) und die Sicherheit der Geräte erheblich.

7.7.2 Anwendung von Molybdänblech in Rohrleitungsbauteilen

Molybdänbleche werden als Auskleidungen oder Stützen in chemischen Rohrleitungskomponenten verwendet, um Rohrleitungen vor korrosiven Flüssigkeiten oder Gasen zu schützen, und eignen sich für Rohrleitungssysteme, die saure oder alkalische Medien transportieren. Die Rohrteile bestehen aus Molybdänblechen mit normaler Reinheit (Reinheit 99-99,9 %, Dicke 0,2-2 mm), hergestellt durch Kaltwalzen, Duktilität (Bruchdehnung 5-10%) zur Unterstützung des Biegeformens, Oberflächenbeizen (R_a 0,8-1,6 Mikrometer), um die Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten. In nicht oxidierenden Medien (z. B. 20 % Salzsäure, Korrosionsrate $< 0,01$ mm/Jahr) ist Molybdänblech chemisch stabiler als Edelstahl. In der Produktion werden Molybdänbleche zu Rohrauskleidungen mit Maßtoleranzen von $\pm 0,02$ mm gestanzt oder gewalzt und Schweißverbindungen poliert, um Korrosionsflecken zu vermeiden. Zu seinen Vorteilen gehören eine hohe Festigkeit (700-900 MPa) zur Unterstützung der Rohrstruktur, ein niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient zur Reduzierung des thermischen Verzugs und er ist für den Einsatz in Rohrleitungssystemen in der Düngemittelproduktion und in der petrochemischen Industrie geeignet. Die Rohrleitungskomponenten aus Molybdänblech verbessern die Korrosionsbeständigkeit und Betriebsstabilität des Systems und verlängern die Wartungsintervalle (> 3 Jahre).

7.8 Verwendung von Molybdänblech in Satellitenbauteilen

Molybdänbleche werden aufgrund ihrer hohen Festigkeit (Zugfestigkeit 800-1200 MPa), ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit (ca. $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) und ihrer hohen Temperaturbeständigkeit (Schmelzpunkt 2620°C) häufig in Satellitenbauteilen verwendet, insbesondere in Antennenkomponenten und Heizkörpern für thermische Kontrollsysteme. Satelliten arbeiten in extremen Weltraumumgebungen (-150°C bis 150°C , Vakuum 10^{-7} Pa), die Materialien mit hoher Zuverlässigkeit und niedrigen Gasfreisetzungsraten ($< 10^{-8}$ mbar) erfordern. L/s) und Strahlungsbeständigkeit. Hochreine Molybdänbleche ($\geq 99,95$ %) oder Molybdänbleche aus TZM-Legierungen werden kaltgewalzt und vakuumgeglüht ($1100-1300^\circ\text{C}$), um die Anforderungen von Satelliten an Leichtbau, Wärmemanagement und mechanische Eigenschaften zu erfüllen. Mit ihrer hohen Präzision und Konsistenz werden die Molybdänplatten der CTIA GROUP LTD häufig als Schlüsselkomponenten von Kommunikationssatelliten, Fernerkundungssatelliten und Weltraumsonden verwendet. Im Folgenden werden die spezifischen Anwendungen, Leistungsanforderungen und technischen Vorteile von Molybdänchips in Antennenkomponenten und Strahlern für thermische Kontrollsysteme beschrieben.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.8.1 Anwendung von Molybdänblech in Antennenbauteilen

Molybdänbleche werden hauptsächlich als Stützstrukturen oder leitende Schichten in Antennenkomponenten verwendet, um die strukturelle Stabilität und Signalübertragungseffizienz von Satellitenkommunikationsantennen (wie Parabolantennen oder Phased-Array-Antennen) zu unterstützen. Molybdänbleche (Dicke 0,1-1 mm, Reinheit $\geq 99,95\%$) werden durch Kaltwalzen aufbereitet und auf $Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$ oberflächenpoliert, um eine hohe elektrische Leitfähigkeit (spezifischer Widerstand ca. $5,2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$) und geringer Signalverlust ($< 0,1 \text{ dB}$). Sein niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient ist auf Antennensubstrate wie Kohlefaserverbundwerkstoffe abgestimmt, ca. $2-5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), um die durch thermische Zyklen verursachte Verformung (Dehnung $< 0,01\%$) zu reduzieren. In einer Weltraumvakuumumgebung gewährleisten die niedrige Gasfreisetzungsrates und die Zugfestigkeit (800-1000 MPa) von Molybdänplatten eine langfristige Stabilität und Beständigkeit gegen Strahlung und Mikrometeoriteneinschläge. In der Produktion werden Molybdänbleche durch Laserschneiden oder CNC-Stanzen mit Maßtoleranzen $\pm 0,005 \text{ mm}$ geformt und die Kanten entgratet, um eine Spannungskonzentration zu vermeiden. Zu seinen Vorteilen gehören eine hohe Leitfähigkeit zur Unterstützung einer effizienten Signalübertragung, eine ausgezeichnete Ermüdungsbeständigkeit (Ermüdungsgrenze von etwa 400 MPa, 10^7 Zyklen) zur Anpassung an die Vibrationsumgebung und wird häufig im Wellenleiter und Stützrahmen von Satellitenkommunikationsantennen verwendet, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Signalübertragung zu verbessern.

7.8.2 Anwendung von Molybdänblech im Kühler des thermischen Kontrollsystems

Molybdänbleche werden als Kühlkörper oder Wärmestrahlungsoberflächen in Heizkörpern von Satelliten-Wärmekontrollsystemen verwendet, um die Betriebstemperatur ($-50 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $100 \text{ }^\circ\text{C}$) von elektronischen Satellitengeräten durch effiziente Wärmeleitung und Strahlungswärmeableitung aufrechtzuerhalten. Molybdänbleche (Dicke 0,05-0,5 mm, Reinheit $\geq 99,95\%$) werden durch Kaltwalzen und Polieren hergestellt, mit einer Oberflächenrauheit von $Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$ und einer Erhöhung des thermischen Emissionsgrads (ca. 0,8-0,9). Seine hohe Wärmeleitfähigkeit ($138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) überträgt die von der Elektronik erzeugte Wärme effizient, und der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient reduziert die thermische Belastung und gewährleistet die thermische Kompatibilität mit Aluminium- oder Keramiksubstraten. Die Zugfestigkeit (900-1200 MPa) und der Kriechwiderstand (Kriechgeschwindigkeit $10^{-6}/\text{s}$) von Molybdänblech erhalten die strukturelle Stabilität bei Raumtemperaturdifferenzzyklen, und der Strahlungswiderstand vermeidet eine Materialdegradation. In der Produktion werden Molybdänbleche durch Präzisionsstanzen oder Biegen mit einer Maßtoleranz von $\pm 0,005 \text{ mm}$ geformt und können mit einer Beschichtung mit hohem Emissionsgrad (z. B. Aluminiumoxid) beschichtet werden, um die Wärmeableitungseffizienz zu verbessern. Zu seinen Vorteilen gehören das geringe Gewicht (Dichte von $10,22 \text{ g/cm}^3$, besser als Wolfram $19,25 \text{ g/cm}^3$), die hohe Wärmeleitfähigkeit zur Unterstützung einer schnellen Wärmeableitung, die in thermischen Kontrollsystemen für Kommunikationssatelliten und wissenschaftliche Sonden weit verbreitet ist und den stabilen Betrieb von Geräten in extremen Weltraumumgebungen gewährleistet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

Molybdenum sheet is a thin metal sheet made from high-purity molybdenum through rolling processes. It features excellent high-temperature resistance, thermal conductivity, and mechanical strength. It is widely used in electronics, metallurgy, vacuum equipment, aerospace, and lighting industries as heating elements, thermal shields, or structural components. With a smooth surface and precise dimensions, molybdenum sheets can be customized in various specifications to meet the requirements of advanced manufacturing and scientific research equipment.

2. Features of Molybdenum Sheet

High Purity Material: Purity $\geq 99.95\%$, with extremely low impurity levels

High-Temperature Resistance: Melting point up to 2610°C , stable performance in extreme conditions

Excellent Workability: High flatness, smooth surface, easy to punch, shear, and weld

Customizable Specifications: Various sizes and thicknesses available to suit different processes

3. Specifications of Molybdenum Sheet

Parameter	Specification
Purity	$\geq 99.95\%$
Thickness	0.01 mm - 3.00 mm
Width	50 mm - 600 mm
Length	Custom lengths or supplied in coil
Surface Finish	Polished, Alkali-cleaned, Sandblasted
Thickness Tolerance	± 0.005 mm - ± 0.2 mm
Surface Roughness	Ra 0.8 μm – Ra 3.2 μm

4. Production Process

Molybdenum Ingot (Raw Material) \rightarrow Inspection \rightarrow Hot Rolling \rightarrow Leveling & Annealing \rightarrow Alkali Cleaning \rightarrow Inspection \rightarrow Warm Rolling \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Cold Rolling \rightarrow Leveling \rightarrow Shearing \rightarrow Vacuum Annealing \rightarrow Inspection \rightarrow Packaging

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

Kapitel 8 Sicherheits- und Umweltschutzprobleme bei der Herstellung von Molybdänplatten

Die Herstellung von Molybdänblechen umfasst eine Reihe komplexer Prozesse, vom Abbau von Molybdänerz über die Aufbereitung und Raffination bis hin zur Pulvermetallurgie und dem Walzen, von denen jeder eine Herausforderung für Sicherheit und Umwelt mit sich bringen kann. Zu den Sicherheitsproblemen gehören Sprengrisiken, Staubexplosionen und Gefahren beim Betrieb bei hohen Temperaturen, während Umweltprobleme Abgase, Abwasser, feste Abfälle und den Energieverbrauch betreffen. CTIA GROUP LTD Molybdänplatten können Risiken und Umweltauswirkungen effektiv reduzieren, indem fortschrittliche Sicherheitsmanagement- und Umweltschutztechnologien eingesetzt werden, wie z. B. ein hocheffizientes Staubentfernungssystem (Staubkonzentration $< 10 \text{ mg/m}^3$), Abwasserrecycling ($>80 \%$) und Abgasbehandlungsgerät (SO_2 -Entfernungsrate $>95 \%$).

8.1 Sicherheitsaspekte bei der Herstellung von Molybdänplatten

Sicherheitsprobleme bei der Herstellung von Molybdänblechen sind in erster Linie auf risikoreiche Vorgänge im Bergbau, in der Aufbereitung und in der Verarbeitung zurückzuführen, die zu Verletzungen, Geräteschäden oder Produktionsunterbrechungen führen können. Im Folgenden werden die wichtigsten Sicherheitsprobleme und Gegenmaßnahmen aus den drei Phasen Abbau, Aufbereitung und Formgebung analysiert.

1. Sicherheitsaspekte während der Abbauphase

- **Risiko von Sprengarbeiten:** Der Einsatz von Ammoniumnitrat oder Emulsionssprengstoffen im Tagebau und Untertagebau birgt die Gefahr von unkontrollierten Explosionen oder Steinschlag. Unsachgemäßes Sprengen kann zum

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Einsturz des Erzkörpers führen, insbesondere im Untertagebau (3-5 m breit und 3-4 m hoch).

- **Staubgefahren:** Beim Zerkleinern und Transportieren von Molybdänit (MoS_2) entstehen große Mengen Staub (Partikelgröße < 10 Mikrometer), der Atemwegserkrankungen oder Staubexplosionen verursachen kann (minimale Explosionskonzentration von ca. $30\text{-}50 \text{ g/m}^3$).
- **Gegenmaßnahmen:** Einsatz von Präzisionssprengtechnologie (z. B. elektronischer Zünder, Steuerfehler $< 0,1$ Sekunden), um das Risiko von herumfliegenden Steinen und Erdbeben zu verringern; Ausgestattet mit einem hocheffizienten Sprühstaubunterdrückungssystem (Staubkonzentration $< 10 \text{ mg/m}^3$) und einem Schlauchfilter; Obligatorisches Tragen von Schutzausrüstung (Staubmasken, Schutzbrille) und Einrichtung eines Belüftungssystems (Untertagebau-Luftmenge $\geq 3 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Person}$).

2. Sicherheitsaspekte in der Aufbereitungsphase

- **Chemische Risiken:** Xanthate (Butylxanthat, $0,1\text{-}0,3 \text{ kg/t}$) und Schaumbildner (z. B. Terpeneol), die im Flotationsprozess verwendet werden, sind giftig und flüchtig und können bei Einatmen oder Kontakt zu Vergiftungen oder Hautschäden führen.
- **Mechanische Beschädigungen:** Brecher ($75\text{-}500 \text{ kW}$) und Kugelmühlen ($20\text{-}30 \text{ U/min}$) laufen mit der Gefahr von Quetschungen oder Stößen, insbesondere bei Wartung und Reinigung.
- **Gegenmaßnahmen:** Das Flotationsmittel wird in einem geschlossenen Behälter gelagert, der mit einem Belüftungs- und Abgasnachbehandlungssystem (Aktivkohleadsorption) ausgestattet ist; Die Bediener tragen Chemikalienschutzkleidung und Atemschutzmasken; Die Geräte sind mit Schutzschilden und Not-Aus-Einrichtungen ausgestattet und werden regelmäßig geschult, um einen standardisierten Betrieb zu gewährleisten.

3. Sicherheitsaspekte im Formprozess

- **Betriebsrisiko bei hohen Temperaturen:** Beim pulvermetallurgischen Sintern ($1800\text{-}2000 \text{ }^\circ\text{C}$) und beim Warmwalzen ($1000\text{-}1400 \text{ }^\circ\text{C}$) sind Hochtemperaturgeräte erforderlich, und es besteht Verbrühungs- oder Brandgefahr. Undichtigkeiten in Vakuum- oder Wasserstoff-Sinteröfen (Wasserstoffreinheit $\geq 99,99\%$) können eine Explosion verursachen.
- **Gefahr einer Staubexplosion:** Molybdänpulver (Partikelgröße $1\text{-}10$ Mikrometer) neigt dazu, während des Pressvorgangs hochkonzentrierte Staubwolken zu bilden, die bei Funkenbildung zu einer Explosion führen können.
- **Gegenmaßnahmen:** Die Sinter- und Walzanlage ist mit einem automatischen Temperaturkontrollsystem (Genauigkeit $\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$) und einer Gasleckererkennung (Wasserstoffkonzentration $< 4 \%$) ausgestattet. Die Pulverpressanlage verfügt über einen explosionsgeschützten Staubabscheider (Staubkonzentration $< 5 \text{ mg/m}^3$) und einen Schutzgasschutz; Die Bediener werden in Heißarbeiten geschult und mit isolierter Schutzkleidung ausgestattet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.2 Umweltprobleme bei der Herstellung von Molybdänplatten

Die Umweltprobleme bei der Herstellung von Molybdänplatten betreffen hauptsächlich Abgase, Abwässer, feste Abfälle und den Energieverbrauch, die zu einer Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden führen können. Im Folgenden werden die wichtigsten Umweltprobleme und Gegenmaßnahmen aus den drei Phasen Abbau, Aufbereitung und Verarbeitung analysiert.

1. Umweltaspekte im Bergbau

- **Verschmutzung von Abraumgestein und Abraumhalden:** Im Tagebau werden große Mengen an Abraumgestein und Abraumhalden produziert, was zu Bodenerosion und Austritt von Schwermetallen (Kupfer und Eisen) führen kann.
- **Staub- und Abgasemissionen:** Beim Strahlen und Transportieren entstehen Staub (PM10-Konzentration > 100 mg/m³) und mechanische Abgase (NO_x, CO), die die Atmosphäre belasten.
- **Gegenmaßnahmen:** Abraumgestein und Abraumhalden werden getrennt gestapelt, und die Verfülltechnologie für Abraumhalden (Verfüllquote >50 %) wird eingesetzt, um die Landbelegung zu reduzieren; Ausgestattet mit Sprühstaubunterdrückung und Beutelentstaubungssystem (Staubentfernungsrate >95%); Verwendung einer schwefelarmen Brennstoff- und Abgasreinigungsanlage (NO_x-Abscheiderate >80%).

2. Umweltaspekte in der Aufbereitungsphase

- **Abwasserverschmutzung:** Beim Flotationsprozess entsteht Abwasser, die Xanthate und Schwermetalle (Blei, Kupfer) mit einem pH-Wert von 8-10 enthalten und bei direkter Einleitung den Gewässerkörper verschmutzen können (CSB>100 mg/L).
- **Aufbereitung von Tailings:** Aufbereitungsrückstände (Molybdängehalt <0,05 %) enthalten Sulfid, das zu saurem Sickerwasser (pH<4) oxidieren und nach längerer Stapelung Boden und Grundwasser belasten kann.
- **Gegenmaßnahmen:** Das Abwasser wird durch Flockung und Neutralisation behandelt (pH-Einstellung auf 6-8), und die Recyclingquote beträgt > 80%; Die Berge werden trocken oder nass durch Trockenstapeln oder Nassstapeln gelagert und sind mit undurchlässigen Membranen bedeckt, um ein Auslaufen zu verhindern. Die Rückgewinnung von Aufbereitungsmitteln (Xanthate-Rückgewinnungsrate >90%) reduziert die Emissionen.

3. Umweltaspekte in der Raffinations- und Verarbeitungsphase

- **Abgasemissionen:** Beim oxidativen Rösten (550-650 °C) entstehen SO₂ (Konzentration>1000 mg/m³) und flüchtiges MoO₃, das die Atmosphäre verschmutzt. Bei der Wasserstoffreduktion (900-1100 °C) kann Ammoniak freigesetzt werden (Zersetzung aus Ammoniummolybdat).
- **Energieverbrauch:** Pulvermetallurgie und Walzprozesse haben einen hohen Energieverbrauch (z. B. 100-500 kW Sinterofenleistung) und hohe Kohlenstoffemissionen (ca. 5-10 Tonnen CO₂ pro Tonne Molybdänbleche).
- **Gegenmaßnahmen:** Ausgestattet mit einer Nassentschwefelungsvorrichtung (SO₂-Entfernungsrate >95%) und einem Aktivkohleadsorptionssystem zur Behandlung von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ammoniak; Optimierung des Sinter- und Walzprozesses (z.B. Absenkung der Sintertemperatur auf 1700°C) und Steigerung der Energieeffizienz (20% Reduzierung des Energieverbrauchs); Angetrieben von erneuerbaren Energiequellen (z. B. Photovoltaik), um Ihren CO₂-Fußabdruck zu reduzieren.

Durch die Implementierung eines strengen Sicherheitsmanagements (z. B. automatisierte Überwachungs- und Schutzausrüstung) und Umwelttechnologien (z. B. Abgas- und Abwasserbehandlung und Ressourcenrecycling) kann die Produktion von Molybdänplatten Sicherheitsrisiken und Umweltauswirkungen effektiv reduzieren und sicherstellen, dass der Produktionsprozess internationalen Sicherheitsstandards (z. B. ISO 45001) und Umweltvorschriften (z. B. Chinas Umweltschutzgesetz) entspricht.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD Molybdänblech

9. Kapitel: In- und ausländische Normen für Molybdänbleche

Als Hochleistungsmaterial wird Molybdänblech häufig in der Elektronik, Luft- und Raumfahrt, in Hochtemperaturöfen und in der chemischen Industrie verwendet, und seine Qualitäts- und Leistungsanforderungen unterliegen strengen in- und ausländischen Normen. Die Norm legt Schlüsselparameter wie chemische Zusammensetzung, mechanische Eigenschaften, Maßtoleranzen und Oberflächenqualität von Molybdänplatten fest, um die Konsistenz und Zuverlässigkeit des Produkts zu gewährleisten. Das Molybdänblech der CTIA GROUP LTD hält sich strikt an den chinesischen nationalen Standard (GB) und internationale Standards (wie ASTM, ISO), um der globalen Marktnachfrage gerecht zu werden. In diesem Kapitel werden die chinesischen nationalen Normen, internationale Normen und relevante Normen Europas, Amerikas, Japans, Südkoreas und anderer Länder für Molybdänbleche ausführlich besprochen und deren Anforderungen und Anwendungsszenarien analysiert.

9.1 Chinesischer nationaler Standard für Molybdänbleche

Die Chinesische Nationale Norm (GB) enthält klare Bestimmungen über die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften, die Größe und die Verarbeitungsanforderungen von Molybdänblechen, die hauptsächlich von der Normungsbehörde der Volksrepublik China herausgegeben werden und für die Herstellung und Anwendung von Molybdänblechen in China gelten. Im Folgenden sind die wichtigsten relevanten Kriterien aufgeführt:

1. GB/T 3462-2017

- **Anwendungsbereich:** Deckt Molybdänblech (Dicke 0,01-3 mm), Molybdänblech und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Molybdänstab ab, geeignet für Elektronik-, Luft- und Raumfahrt- und Hochtemperaturofenkomponenten.

- **Chemische Zusammensetzung:** Hochreine Molybdänbleche (Mo1) erfordern einen Molybdängehalt von $\geq 99,95\%$ und einen Gehalt an Verunreinigungen (z. B. Fe, Ni, Cu) von < 50 ppm; Der Molybdängehalt von gewöhnlichen reinen Molybdänblechen (Mo2) $\geq 99,9\%$.
- **Mechanische Eigenschaften:** Zugfestigkeit ≥ 700 MPa (kaltgewalzt), Bruchdehnung $\geq 5\%$, Vickers-Härte 220-250 HV.
- **Maßtoleranzen:** Dickentoleranzen (0,01-0,1 mm \pm 0,005 mm, 0,1-3 mm \pm 0,02 mm), Oberflächenrauheit Ra $\leq 0,8$ Mikrometer.
- **Nachweismethode:** Die chemische Zusammensetzung nimmt ICP-MS an, die mechanischen Eigenschaften entsprechen GB/T 228.1 (Zugversuch) und die Oberflächenqualität wird mit dem Mikroskop überprüft.
- **Anwendung:** Geeignet für Halbleitertargets, Vakuumofenhitze und Auskleidung chemischer Geräte.

2. GB/T 3876-1983

- **Anwendungsbereich:** Fokus auf dünne Molybdänbleche (Dicke 0,01-0,1 mm) für elektronische und optische Felder.
- **Chemische Zusammensetzung:** Molybdängehalt $\geq 99,95\%$, Sauerstoffgehalt < 50 ppm.
- **Leistungsanforderungen:** Zugfestigkeit ≥ 800 MPa, Bruchdehnung $\geq 3\%$, keine Risse und Oxidschichten auf der Oberfläche.
- **Maßtoleranzen:** Breitentoleranzen $\pm 0,05$ mm, Längentoleranzen ± 1 mm, Dickentoleranzen $\pm 0,003$ mm.
- **Anwendung:** Zum Sputtern von Targets und Leadframes.

Die chinesische nationale Norm legt Wert auf hohe Reinheit und hohe Präzision, die für die Bedürfnisse der Haushaltselektronik- und Hochtemperaturindustrie geeignet ist, und stellt sicher, dass die Leistung von Molybdänblechen den internationalen Standards entspricht.

9.2 Internationale Normen für Molybdänbleche

Internationale Normen werden unter anderem von der International Organization for Standardization (ISO) und der American Society for Testing and Materials (ASTM) entwickelt und sind bei der Herstellung und dem Handel von Molybdänblechen weltweit weit verbreitet. Im Folgenden sind die wichtigsten internationalen Normen aufgeführt:

1. ASTM B386-03 (2011)

- **Anwendungsbereich:** Deckt Molybdänblech (Dicke 0,01-3 mm), Molybdänblech und Molybdänstab ab, geeignet für Luft- und Raumfahrt, Elektronik und Hochtemperaturofen.
- **Chemische Zusammensetzung:** Molybdängehalt $\geq 99,95\%$ (Typ 360/361), TZM-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Legierung (Typ 364) enthält Titan 0,4-0,55 %, Zirkonium 0,06-0,12 %.
Verunreinigungen (z. B. Fe, Ni) < 100 ppm.

- **Mechanische Eigenschaften:** Zugfestigkeit ≥ 620 MPa (geglüht), ≥ 760 MPa (kaltverformt), Bruchdehnung $\geq 2-10\%$ (abhängig von der Dicke).
- **Maßtoleranzen:** $\pm 5\%$ bei einer Dicke von 0,01-0,1 mm, $\pm 0,025$ mm bei 0,1-3 mm, eine Oberflächenrauheit von $Ra \leq 0,4$ μm (poliert).
- **Prüfmethode:** Die chemische Zusammensetzung nimmt ICP-OES an, die mechanischen Eigenschaften entsprechen ASTM E8 und die Oberflächenqualität wird durch visuelle und mikroskopische Inspektion überprüft.
- **Anwendung:** Geeignet für Halbleitertargets, Hitzeschilde von Vakuumöfen und Satellitenkomponenten.

2. ISO 5832-1:2016 Metallische Implantate – Teil 1: Geschmiedetes Molybdän

- **Anwendungsbereich:** Bei Molybdänblechen (z.B. Röntgenröhrenanoden) im medizinischen Bereich beträgt die Dicke 0,1-2 mm.
- **Chemische Zusammensetzung:** Molybdängehalt $\geq 99,9\%$, Kohlenstoffgehalt < 100 ppm, Sauerstoffgehalt < 50 ppm.
- **Leistungsanforderungen:** Zugfestigkeit ≥ 700 MPa, Härte 220-240 HV, keine Defekte auf der Oberfläche.
- **Anwendung:** Wird in medizinischen Bildgebungsgeräten und hochpräzisen elektronischen Komponenten verwendet.

Der internationale Standard konzentriert sich auf die Vielseitigkeit und transnationale Anwendung von Molybdänblechen, wobei hohe Reinheit, geringe Verunreinigungen und strenge Größenkontrolle im Vordergrund stehen, was für den globalen High-End-Markt geeignet ist.

9.3 Molybdänblechnormen in Europa, Amerika, Japan, Südkorea und anderen Ländern auf der ganzen Welt

Europa, Amerika, Japan, Südkorea und andere Länder haben Molybdänblechnormen entsprechend ihren industriellen Anforderungen und technischen Eigenschaften formuliert, die in hohem Maße mit internationalen Normen übereinstimmen, jedoch detaillierte Anforderungen in bestimmten Bereichen haben. Im Folgenden sind die wichtigsten nationalen Normen aufgeführt:

1. USA

- **Normen:** ASTM B386-03 (2011) ist die primäre Norm, und MIL-M-16420 (Militärstandard) ist auch für Luft- und Raumfahrtanwendungen verfügbar.
- **Merkmale:** Schwerpunkt auf hoher Reinheit ($\geq 99,95\%$) und hoher Temperaturleistung (z. B. Zugfestigkeit ≥ 400 MPa bei 1500 °C), was eine niedrige Gasfreisetzungsrates ($< 10^{-8}$ mbar·) erfordert. L/s).
- **Anwendungen:** Luft- und Raumfahrt (thermische Kontrollsysteme für Satelliten), Halbleitertargets und Komponenten der Nuklearindustrie.
- **Detektion:** Die chemische Zusammensetzung verwendet GDMS (Glimmentladungsmassenspektrometrie) und die mechanischen Eigenschaften entsprechen ASTM

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

E8/E399.

2. Europa

- **Norm:** EN 10276-1 "Werkstoffe für die Kaltumformung von Molybdän und Molybdänlegierungen" steht im Einklang mit ISO 5832-1.
- **Merkmale:** Molybdänblech muss eine hohe Oberflächenqualität ($Ra \leq 0,4$ Mikrometer), strenge Maßtoleranzen (Dicke $\pm 0,003$ mm) aufweisen und für Vakuumumgebungen geeignet sein.
- **Anwendung:** Wird in Hitzeschilden von Saphir-Wachstumsöfen und Plasmabeschichtungstargets verwendet.
- **Inspektion:** Die Oberflächenqualität wird mit dem Lasermikroskop geprüft, die Korrosionsbeständigkeit entspricht der EN ISO 9227 (Salzsprühnebeltest).

3. Japan

- **Norm:** JIS H 4641 "Molybdän- und Molybdänlegierungsplatten, -bleche und -bänder" ähnelt ASTM B386.
- **Merkmale:** Fokus auf die hohe Präzision von ultradünnen Molybdänblechen (Dicke 0,01-0,1 mm), Zugfestigkeit ≥ 800 MPa, Bruchdehnung $\geq 5\%$, Oberflächenrauheit $Ra \leq 0,2$ Mikrometer.
- **Anwendungen:** Elektronikindustrie (z.B. TFT-LCD-Targets) und optische Geräte.
- **Prüfung:** Die Maßgenauigkeit wird mit einem berührungslosen Laser gemessen, die Leitfähigkeit entspricht JIS K 7194.

4. Korea

- **Norm:** KS D 9502 "Molybdän und Molybdän-Legierungswerkstoffe", unter Bezugnahme auf die Normen ASTM und JIS.
- **Eigenschaften:** Wärmeleitfähigkeit (≥ 130 W/m·K) und Korrosionsbeständigkeit (Korrosionsrate $< 0,01$ mm/Jahr in 10%iger Salzsäure) sind erforderlich, geeignet für chemische und elektronische Anwendungen.
- **Anwendungen:** Leadframes für Halbleiterverpackungen und Auskleidungen für chemische Anlagen.
- **Detektion:** Die Wärmeleitfähigkeit ist das Laser-Flash-Verfahren, chemische Zusammensetzung nach KS D 2042.

Europäische, amerikanische, japanische und koreanische Normen stimmen in Bezug auf chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften mit internationalen Standards überein, konzentrieren sich jedoch auf unterschiedliche Anwendungsszenarien je nach regionalen industriellen Merkmalen (z. B. konzentrieren sich die Vereinigten Staaten auf die Luft- und Raumfahrt und Japan auf die Elektronikindustrie).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anhang: Glossar der mehrsprachigen Molybdänplatten

Im Folgenden finden Sie eine Vergleichstabelle mit molybdänbezogenen Begriffen in Chinesisch, Englisch, Japanisch und Koreanisch, die gängige Begriffe in Produktions-, Leistungs- und Anwendungsbereichen abdeckt und für den grenzüberschreitenden technischen Austausch und die standardisierte Anwendung geeignet ist. CTIA GROUP LTD Molybdänblech muss auf dem globalen Markt vereinheitlicht werden, um die technische Dokumentation und die Konsistenz des Handels zu gewährleisten.

Chinesisch	Englisch	Japanisch	Koreanisch	Auslegung
钼片	Molybdän-Folie	モリブデン箔	몰리브덴 포일	Bezieht sich auf ein dünnes Molybdänmaterial, das durch Pulvermetallurgie oder Walzverfahren hergestellt wird, mit hohem Schmelzpunkt, hoher Festigkeit sowie elektrischer und thermischer Leitfähigkeit, das in der Elektronik, in der Luft- und Raumfahrt und in Hochtemperaturöfen weit verbreitet ist.
辉钼矿	Molybdänit	モリブ덴 나이트	몰리브덴 나이트	Die Haupterzform von Molybdän, die 50-60 % Molybdän enthält, ist der Ausgangsrohstoff für die Herstellung von Molybdänblechen, die durch Aufbereitung und Raffination in Molybdänverbindungen oder Metalle umgewandelt werden.
地下开采	Untertagebau	地下採掘	지하 채굴	Die Methode des Abbaus von Molybdänerz durch Tunnelbau und Sprengung in tiefen Erzlagerstätten mit Geräten wie Teilschnittmaschinen und Gesteinsbohrern ist für komplexe geologische Bedingungen geeignet.
浮选法	Flotationsmethode	浮選法	부유선광법	Unter Ausnutzung der Hydrophobie von Molybdänit wird Molybdänerz durch eine Flotationsmaschine und Wirkstoffe vom Gangor getrennt, um hochwertiges Molybdänkonzentrat zu erhalten.
氧化焙烧	Oxidatives Rösten	酸化焙烧	산화 배소	Molybdänit (MoS_2) wird in einer Luftatmosphäre von 550-650 °C zu Molybdänoxid (MoO_3) oxidiert, um Schwefel zu entfernen und Rohstoffe für die anschließende Raffination bereitzustellen.
氨浸法	Ammoniak-Auslaugung	안모니아 침출법	암모니아 침출법	Molybdänoxid wird mit Ammoniak gelöst, um Ammoniummolybdatlösung zu erzeugen, und Verunreinigungen wie Eisen und Kupfer werden getrennt, um hochreine Molybdänverbindungen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

				herzustellen.
粉末冶金	Pulvermetallurgie	粉末冶金	분말 야금	Das Verfahren zur Herstellung von Molybdänzuschnitten oder Molybdänblechen durch Pressen und Sintern von hochreinem Molybdänpulver eignet sich für hochpräzise und komplex geformte Bauteile.
热轧工艺	Warmwalzverfahren	熱間圧延 プロセス	열간 압연 공정	Der Molybdänknüppel wird in mehreren Durchgängen bei einer hohen Temperatur von 1000-1400 °C gewalzt, um Molybdänbleche mit einer Dicke von 0,5-3 mm herzustellen, die für Hochtemperatur-Ofenkomponenten geeignet sind.
冷轧工艺	Kaltwalzverfahren	冷間圧延 プロセス	냉간 압연 공정	Molybdänbleche (Dicke 0,01-1 mm) werden bei Raumtemperatur gewalzt, um eine hohe Präzision und Oberflächenqualität zu gewährleisten, die für Halbleitertargets geeignet ist.
密度	Dichte	密度	밀도	Das Masse-Volumen-Verhältnis von Molybdänblechen, das die Dichte und Reinheit widerspiegelt, wird mit der Archimedes-Methode oder dem Röntgen-Densitometer gemessen.
熔点	Schmelzpunkt	融点	용융점	Die Temperatur, bei der das Molybdänblech zu schmelzen beginnt, wird durch dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) getestet, um die Leistung bei hohen Temperaturen widerzuspiegeln.
导电性	Elektrische Leitfähigkeit	電氣伝導率	전기전도율	Die Fähigkeit von Molybdänblech, Strom zu übertragen, gemessen mit der Vier-Sonden-Methode, geeignet für Elektroden und Targets.
导热性	Wärmeleitfähigkeit	熱伝導率	열전도율	Die Fähigkeit von Molybdänblechen, Wärme zu leiten, wird mit dem Laser-Flash-Verfahren gemessen und eignet sich für Wärmeableitungssubstrate.
热膨胀系数	Thermischer Ausdehnungskoeffizient	熱膨張係數	열팽창계수	Die Dimensionsausdehnungsrate des Molybdänblechs in Abhängigkeit von der Temperatur wird mit einem thermischen Dilatometer getestet und spiegelt die thermische Anpassung wider.
抗拉强度	Zugfestigkeit	引張強度	인장 강도	Die Beständigkeit von Molybdänblechen gegen Zugbruch, gemessen durch das Zugprüfverfahren, ist für Strukturteile geeignet.
硬度	Härte	硬度	경도	Verformungsbeständigkeit von Molybdänblech (220-250 HV), getestet mit dem Vickers-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

				Härteprüfer und reflektierend Verschleißfestigkeit.
韧性	Zähigkeit	韌性	인성	Die Fähigkeit von Molybdänblech, Aufprallenergie zu absorbieren, wird durch den Charnais-Schlagtest gemessen.
耐腐蚀性	Korrosionsbeständigkeit	耐食性	내식성	Korrosionsbeständigkeit von Molybdänblechen in chemischen Medien, bewertet durch Tauchprüfverfahren.
抗氧化性	Oxidationsbeständigkeit	耐酸化性	내산화성	Die Stabilität von Molybdänblechen in einer Hochtemperatur-Oxidationsumgebung wird durch thermogravimetrische Analyse getestet.
溅射靶材	Sputter-Ziel	스파터링 링타겟	스퍼터링 타겟	Molybdänbleche werden in Plasmabeschichtungen verwendet, bei denen dünne Schichten durch Magnetron-Sputtern abgeschieden werden, und werden in der Halbleiter- und Displayherstellung eingesetzt.
反射屏	Reflektierendes Schild	反射시 ールド	반사 쉴드	Molybdänbleche reflektieren die Wärmestrahlung in Hochtemperaturöfen oder Saphirzuchtöfen, um die thermische Feldverteilung zu optimieren, was ein hohes Reflexionsvermögen (0,8-0,9) erfordert.
发热带	Heizband	發熱帶	발열 띠	Als Heizelement in einem Vakuumofen werden Molybdänbleche durch Widerstand erhitzt, um hohe Temperaturen (1500-1800 °C) zu erzeugen, die eine hohe Leitfähigkeit erfordern.
引线框架	Lead-Frame	리드 프레임	리드 프레임	Molybdänbleche werden in leitfähigen Stützbauteilen für Halbleitergehäuse verwendet, die einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten und eine hochwertige Oberfläche erfordern.
反应釜内衬	Auskleidung des Reaktors	反應釜 라이닝	반응로 라이닝	Als Innenwandmaterial des chemischen Reaktors widersteht Molybdänblech der Korrosion von nicht oxidierenden Säuren und verlängert die Lebensdauer der Ausrüstung.
热控系统	Thermisches Kontrollsystem	熱制御 시스템	열제어 시스템	Molybdänbleche werden in Satelliten zur Wärmeableitung und zum Wärmestrahlungsmanagement eingesetzt, was eine hohe Wärmeleitfähigkeit und Strahlungsbeständigkeit erfordert.

illustrieren

- Auswahl der Begriffe:** Die Terminologie umfasst die Herstellung von Molybdänblechen (Bergbau, Aufbereitung, Raffination, Umformung), die Leistungsprüfung (Dichte,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Schmelzpunkt, Leitfähigkeit usw.) und die Anwendungsbereiche (Elektronik, Saphirzüchtungsöfen, Vakuumöfen), basierend auf den Kapiteln 4 bis 9.

2. **Chinesische Erklärung:** Jeder Begriff wird kurz und bündig erklärt, wobei die technische Definition und der Anwendungshintergrund hervorgehoben werden und spezifische Parameter (z. B. Dicke, Leistungswerte) in Kombination mit dem Inhalt des Kapitels (z. B. Produktionsprozess, Prüfverfahren und Anwendungsszenario) angegeben werden.
3. **Mehrsprachige Übersetzung:** Die englische, japanische und koreanische Terminologie basiert auf Industriestandards und technischer Literatur, um Genauigkeit und Vielseitigkeit für den internationalen technischen Austausch zu gewährleisten.
4. **Zweck:** Dieses Glossar kann für die technische Dokumentation, den grenzüberschreitenden Handel und die akademische Forschung verwendet werden, um die standardisierte Anwendung von Molybdänchips der CTIA GROUP LTD auf dem Weltmarkt zu unterstützen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Englische Literatur:

1. ASTM International. ASTM B386-03 (2011) Standardspezifikation für Platten, Bleche, Bänder und Folien aus Molybdän und Molybdänlegierungen. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2011.
2. ISO 5832-1:2016 Implantate für die Chirurgie – Metallische Werkstoffe – Teil 1: Knetmolybdän[S]. Genf: Internationale Organisation für Normung, 2016.
3. Shields, J. A. Anwendungen von Molybdänmetall und seinen Legierungen[M]. London: Internationale Molybdän-Vereinigung (IMOA), 2013.
4. Knyazev, A. V., & Krushenko, G. G. Herstellung von Molybdänfolien durch Pulvermetallurgie und Walzen[J]. Zeitschrift für Materialverarbeitungstechnologie, 2018, 255: 123-130.
5. Smith, R. J., & Johnson, T. E. Thermische und elektrische Eigenschaften von Molybdän-Dünnschichten[J]. Materialwissenschaft und -technik: A, 2019, 742: 456-462.
6. Lee, C. H., & Park, S. J. Molybdän in Sputtertargets für die Dünnschichtabscheidung[J]. Dünne feste Schichten, 2020, 698: 137856.
7. Zhang, L., & Wang, Y. Umweltherausforderungen beim Abbau und der Verarbeitung von Molybdän[J]. Zeitschrift für saubere Produktion, 2021, 312: 127645.
8. Kim, H. S., & Lee, J. H. Molybdänfolie in thermischen Kontrollsystemen von Satelliten[J]. Luft- und Raumfahrtwissenschaft und -technologie, 2022, 120: 107234.
9. Tanaka, T., & Watanabe, K. Mechanische Prüfung von Molybdänfolien für Hochtemperaturanwendungen[J]. Zeitschrift für Legierungen und Verbindungen, 2017, 696: 234-240.
10. Park, J. W., & Choi, S. Y. Korrosionsbeständigkeit von Molybdän in chemischen Verarbeitungsanlagen [J]. Korrosionswissenschaft, 2019, 149: 89-97.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT